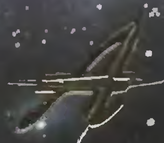
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ





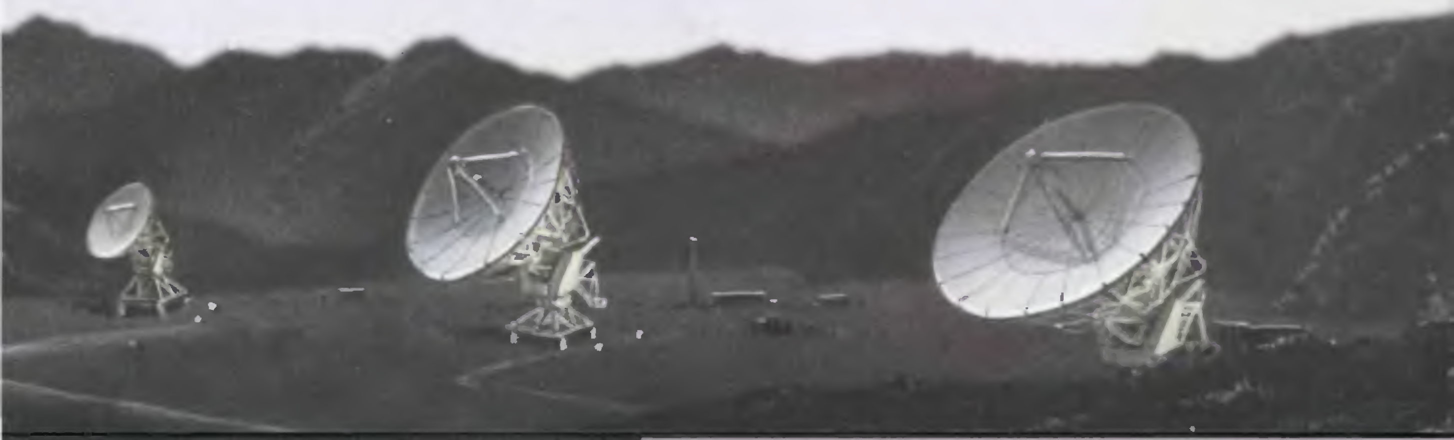
АСТРОНОМИЯ

Постижение Вселенной, загадки звёзд и галактик, космос и жизнь



Аванта+

АСТРОНОМИЯ



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

ДЛЯ ДЕТЕЙ

ТОМ

8

АСТРОНОМИЯ



Москва
«Аванта+»
1997

УДК 087.5:520/524(031)
ББК 22.6я2
Э68

Все вышедшие тома «Энциклопедии для детей» рекомендованы Управлением развития общего среднего образования Министерства образования Российской Федерации как дополнительное пособие для учащихся.

В 1997 году редакция издательского предприятия «Аванта+» награждена дипломом Всероссийского выставочного центра за составление, художественное оформление, издание «Энциклопедии для детей».

Издательский центр «Аванта+», участвовавший в конкурсе «Деловая книга России-97», награждён дипломом Государственного комитета Российской Федерации по печати за профессиональное издательско-полиграфическое исполнение «Энциклопедии для детей».

Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия.
Э68 /Глав. ред. М.Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997. — 688 с.: ил.
ISBN 5-89501-008-3 (т. 8)
ISBN 5-89501-001-6

Авторами тома «Астрономия» являются как профессиональные астрономы, вносящие заметный вклад в современную науку, так и популяризаторы, много лет прослужившие делу астрономического просвещения. В томе рассказано о драматическом становлении астрономической науки, приводится информация из первых рук о её современном состоянии и достижениях. Книга содержит призыв к увлекательнейшему занятию — самостоятельным астрономическим наблюдениям, а также начальные астрономические понятия и сведения, необходимые для таких наблюдений. Красоты космических глубин раскрываются в современных астрофотографиях, многие из которых получены при помощи космических аппаратов.

Книга адресована школьникам среднего и старшего возраста, участникам астрономических кружков и любительских коллективов, а также всем, кому интересна древняя и вечно юная наука — астрономия.

УДК 087.5:520/524(031)
ББК 22.6я2

ISBN 5-89501-008-3 (т. 8)
ISBN 5-89501-001-6

К ЧИТАТЕЛЮ

Эта книга посвящена древней и прекрасной науке — астрономии. Она изучает те объекты и явления, которые наблюдаются на небе, а небо испокон веков притягивало внимание людей. Недаром прародители нашей цивилизации древние греки, весьма тонко разбиравшиеся как в вопросах познания, так и в вопросах красоты, в числе девяти муз почитали и покровительницу астрономии — Уранию.

Все люди Земли живут под одним и тем же небом. Его красота пробуждает в нас высокие и светлые чувства, дарит радость творческого вдохновения. Его тайны призывают человеческий разум к размышлению, к исследованию физического мира. Этот безграничный и постоянно меняющийся мир, включающий в себя огромную область, доступную современным наблюдениям, мы называем Вселенной. Здесь мы видим и Солнце с планетами, и звёзды, и галактики, и многочисленные системы, образуемые ими, и разреженную среду, в которой все они находятся. Наша родная планета Земля затерялась в этом мире малой пылинкой...

* * *

Понять природу наблюдаемых тел и явлений во Вселенной, дать объяснение их свойствам, узнать, как они возникают и развиваются, люди хотели всегда. Они строили картину мира в соответствии с теми данными, которыми располагали. С течением времени картина мира менялась, потому что появлялись новые факты и новые мысли о сущности наблюдаемых явлений, а главное — появлялась возможность проверить правильность тех или иных идей через наблюдения и измерения, используя достижения смежных с астрономией наук, и прежде всего физики. Не всегда изменение взглядов на мир носило характер простого уточнения — иногда это была настоящая революционная ломка старых представлений, как, скажем, утверждение гелиоцентрической системы Коперника или теории относительности Эйнштейна. Но и в эти переломные моменты астрономы сохраняли глубокое уважение к трудам своих предшественников, рассматривая их вклад как серьёзный и важный этап в общем движении к истине.

Уходящая корнями в седую старину, история астрономии рисует нам творцов этой науки как людей, каждый из которых представлял своё время. Им были присущи обычные человеческие эмоции и слабости, их рассуждения содержали и гениальные прозрения, и досадные ошибки. Но все эти люди были покорены величием мироздания и устремляли свои силы к познанию истины о нём.

Профессиональных астрономов немного — около 10 тыс. человек на всём земном шаре. Но благодаря растущему научно-техническому потенциалу цивилизации этого количества оказывается достаточно для того, чтобы астрономические исследования быстро продвигались вперёд.

Все люди от природы стремятся к знанию...

И теперь, и прежде именно удивление побуждало людей философствовать. Причём вначале они удивлялись тому, что непосредственно вызывало у них недоумение, а затем, мало-помалу продвигаясь дальше, они задавались вопросами более значительными, например о движении Луны, Солнца, звёзд и даже о происхождении Вселенной.

Но недоумевающий и удивляющийся ведь признаёт себя незнающим! Если, таким образом, люди начали философствовать, чтобы избавиться от незнания, то, стало быть, они стали стремиться к знанию ради понимания, а не ради какой-нибудь пользы. Сам ход вещей подтверждает это, а именно: когда у людей появилось почти всё необходимое, равно как и то, что облегчает жизнь и доставляет удовольствие, именно тогда они стали искать такого рода разумение. Ясно поэтому, что мы не ищем знания ни для какой другой надобности, кроме избавления от незнания...

Так же, как свободным мы называем человека, который живёт ради самого себя, а не для другого, точно так же и наша наука свободна, потому что она существует ради самой себя.

(Аристотель.)

Зато во все времена было много любителей, для которых астрономия являлась увлечением, иногда настолько сильным, что они впоследствии становились профессионалами. Были времена, когда прогресс астрономии во многом зависел от успехов любительских наблюдений. Например, циклы солнечной активности открыл любитель, первую затменную переменную звезду — также любитель, и даже радиоастрономия как наука началась с работы энтузиаста-радиолюбителя. Сегодня астрономы используют такую уникальную и дорогостоящую аппаратуру для своих наблюдений, что любителю, как правило, невозможно с ними конкурировать. Для того чтобы заниматься астрономией на современном уровне, одного энтузиазма недостаточно, нужны глубокие профессиональные знания. И всё же есть виды наблюдений, в которых любители до сих пор оказывают существенную помощь специалистам. Так, открытие новых комет, наблюдения переменных звёзд, метеоров, серебристых облаков — традиционные и по сей день действующие сферы применения сил любителей астрономии.

Но любительские наблюдения проводятся не только ради научных открытий. Ведь человек может делать открытия и для самого себя. Самостоятельные наблюдения небесных объектов могут принести много радостных минут. Они позволяют увидеть то, что недоступно невооружённому глазу, представить себе ход процессов на далёких небесных телах. Для их проведения необходимо, конечно, обзавестись инструментом, познакомиться с правилами наблюдений, усвоить язык терминов и понятий, используемых в астрономии. Нужно быть знакомым с элементами астрономии, с небом, с теми изменениями, которые на нём происходят. Эти сведения составляют предмет общей астрономии, начала которой изложены в разделе «Небо и его наблюдения».

Что представляет собой астрономия сегодня? Прежде всего она продолжает базироваться на наблюдениях. Но в отличие от любителей профессиональные наблюдатели уже почти не смотрят глазом в свои телескопы — они используют другие, более чувствительные приёмники излучения, способные накапливать действие слабых потоков света и обеспечивать проведение точнейших измерений. Это звучит парадоксально, но бóльшую часть слабых объектов, изучаемых астрономами, вообще нельзя увидеть глазом в те телескопы, через которые они наблюдаются. Современные приёмники излучения передают информацию прямо в компьютеры. Быстрая компьютерная обработка значительно подняла эффективность наблюдений. Стало возможным одновременно проводить измерения в тысячах различных участков изображения исследуемого объекта.

Двадцатый век не только снабдил астрономию совершенной техникой, способной «поштучно» регистрировать световые кванты. Совершён прорыв в область невидимого излучения, приходящего из космоса. Сначала было обнаружено космическое радиоизлучение, для которого прозрачна атмосфера Земли, а позднее, с появлением высотных ракет и космических средств исследования, астрономы узнали, как выглядит небо в



далёком инфракрасном и ультрафиолетовом диапазоне, в рентгеновских и гамма-лучах. Иными словами, астрономия стала всеволновой. Были открыты новые объекты, о существовании которых никто ранее не подозревал, выявлены неожиданные свойства у многих уже известных небесных тел. Добавим к этому прямые исследования объектов Солнечной системы — Луны, Солнца, планет и их спутников, комет, астероидов — космическими аппаратами. Всё это привело к фейерверку крупных открытий, наши знания об окружающем мире поднялись на качественно новый уровень.

Каких бы высот не достигла наука и техника будущих веков, многие фундаментальные открытия останутся заслугой века нынешнего. Только один раз можно открыть мир галактик, обнаружить расширение Вселенной и реликтовое излучение, оставшееся нам в наследство от прошлых времён, когда в природе ещё не было звёзд, узнать примерный возраст Солнца и других звёзд, убедиться в существовании протозвёзд, вырожденных и нейтронных звёзд, чёрных дыр, обнаружить планеты у других звёзд, узнать о странных свойствах пульсаров, активных ядер галактик... И всё это было сделано за последние десятилетия.

В настоящее время живёт фактически первое поколение людей, которое знает, каково расстояние до самых далёких наблюдаемых объектов, как они эволюционируют и какой возраст могут иметь. Это не означает, что будущим поколениям осталось только уточнять детали. Нет, чем больше мы знаем, тем чаще соприкасаемся с Неизвестным, так что число проблем, требующих решения, не уменьшается. Например, до сих пор почти ничего не известно о материи, которая не излучает или почти не излучает никаких электромагнитных волн и потому не воспринимается современными приборами, хотя её, по некоторым данным, должно быть во Вселенной даже больше, чем «видимой» материи. Мы почти ничего не знаем о планетах вблизи других звёзд, плохо представляем себе природу многих наблюдаемых явлений. Астрономии XXI в., по-видимому, предстоит освоить новые «окна» во Вселенную — нейтринное и гравитационное излучение. Возможно, что будут обнаружены и другие, неизвестные пока виды излучения.

* * *

Прошли те времена, когда астрономические наблюдения были необходимы, чтобы проложить курс корабля в открытом море, определить продолжительность года, время наступления того или иного сезона, установить систему счёта времени... Сегодня эти проблемы решаются техническими средствами.

Но современная астрономия отнюдь не оторвана от жизни. Задачи, требующие наиболее высокой точности измерений, и в настоящее время решаются с привлечением новейших методов астрономии. Например,

Две вещи наполняют душу всегда новым и всё более сильным удивлением и благоговением, чем чаще и продолжительнее мы размышляем о них, — это *звёздное небо надо мной* и *моральный закон во мне*.

Мне не приходится их искать и представлять как нечто окутанное мраком или лежащее за пределами моего кругозора. Звёздное небо начинается с того места, которое я занимаю во внешнем чувственно воспринимаемом мире. Оно связывает меня сквозь необозримые дали с мирами и системами миров в безграничном времени их периодического вращения, их начала и продолжительности.

Моральный закон во мне начинается с моего невидимого Я, с моей личности. Он представляет меня в мире, который поистине бесконечен, но незрим и воспринимается только рассудком. В этом умопостигаемом мире (а через него и в видимой Вселенной) я познаю себя не как что-то случайное, а во всеобщей необходимой связи.

Взгляд во Вселенную на бесчисленное множество миров как бы уничтожает моё значение как *живого существа*, которое должно будет вернуть планете (всего лишь точке во Вселенной) то вещество, ту материю, из которой оно возникло, после того как эта материя на короткое время неизвестно каким образом была наделена жизненной силой.

Осмысление нравственного закона, напротив, бесконечно возвышает мою ценность как мыслящего существа. Моральный закон, таящийся в моей личности, открывает жизнь, независимую от моей животной природы и даже от всего чувственно воспринимаемого мира.

(Иммануил Кант.)



Звёздное небо
Готторпского глобуса.
Северное полушарие.



Звёздное небо
Готторпского глобуса.
Южное полушарие.



Астрономия полезна потому, что она возвышает нас над нами самими; она полезна потому, что она величественна; она полезна потому, что она прекрасна. Именно она являет нам, как ничтожен человек телом и как он велик духом, ибо ум его в состоянии обьять сияющие бездны, где его тело является лишь тёмной точкой, в состоянии насладиться их безмолвной гармонией. Так мы приходим к сознанию своей мощи, и это сознание многого стоит, потому что оно делает нас сильнее.

Прежде всего астрономия облегчила дело других наук, приносящих более непосредственную пользу, облегчила тем, что сообщила нашей душе способность понимать природу...

Именно астрономия открыла нам существование законов. Халдеи, которые раньше других народов стали внимательно смотреть на небо, ясно заметили, что это множество светящихся точек представляет собой не простую толкучку, где каждый блуждает по воле случая, а дисциплинированную армию. Конечно, законы этой дисциплины для них не были ясны, но гармонического зрелища звёздной ночи было достаточно, чтобы дать им впечатление упорядоченности, и это уже много значило. Гиппарх, Птолемей, Коперник, Кеплер разложили эту упорядоченность по полочкам, и, наконец, Ньютон высказал самый старый, точный, самый простой, самый общий из всех законов природы.

И тогда, наученные этим примером, мы стали пристальнее всматриваться в наш земной мирок и под кажущимся беспорядком нашли и здесь гармонию, которую нам открыло изучение неба. Здесь та же упорядоченность, то же подчинение неизменным законам, но эти законы более сложны; одни законы кажутся противоречащими другим, и непривычный глаз увидел бы здесь хаос и царство произвола. Здесь труднее предвидеть. Ведь и теперь на наших глазах обманываются иногда метеорологи, и некоторые люди смеются над этим. А сколько раз физики могли пасть духом от множества неудач, если бы в них не поддерживал веры блестящий пример успеха астрономов!

Астрономия научила нас, что законы природы непреложны и, значит, идти против них невозможно, что эти законы имеют не местное значение и не меняются от одной территории к другой подобно государственным законам. Всюду, куда только достигает телескоп, беспредельно простирается область подчинения закону Ньютона.

Астрономия прочнее всего внушила нам: «Не доверяй видимости!». С того дня, когда Коперник показал, что то, что считалось неподвижным, находится в движении, а то, что оказалось движущимся, на самом деле покоится, с того дня стало ясно, как обманчивы могут быть детские рассуждения: «А мы так видим!». Идеи Коперника восторжествовали, конечно, не без труда. Но с тех пор нет такого закоренелого предрассудка в науке, от которого мы не в силах были бы освободиться.

(Анри Пуанкаре.)

изучать изменения глобальной структуры Земли, движения материков и отдельных районов земной поверхности помогает радиоастрономия. Датчиком сигналов наиболее точного времени оказались пульсары — нейтронные звёзды. Ориентация космических аппаратов осуществляется по звёздам.

Для жизни человечества важно исследовать влияние Солнца и его активности на процессы, происходящие на Земле. И этим тоже занимается астрономия. Другая важная проблема — астероидная опасность, возможность столкновения Земли с астероидами и кометами. В XXI в. данные астрономии будут активно использоваться при освоении Солнечной системы и в более далёких космических путешествиях.

Наверное, стоит упомянуть ещё одну проблему, которая волнует многих. При каких условиях на планетах возможно зарождение жизни, как часто это происходит и как окружающий космос влияет на развитие живых организмов? Быть может, уже грядущий век даст ответы и на эти вопросы.

Перспективы развития астрономии связаны со строительством новых гигантских обсерваторий, часть из которых расположится на Земле, другие — в космосе. Только в космосе возможно обеспечить всеволновые наблюдения, исключить помехи, ограничивающие наземные исследования, создать телескопы с разрешением в миллиардные доли угловой секунды.

Астрономия — не изолированная наука, она тесно связана с другими областями знания, и прежде всего — с физикой, ведь законы физики справедливы не только на Земле, но и за её пределами. Поэтому объяснения явлений, протекающих в космическом пространстве, разрабатываются на основе физики. С другой стороны, и сама физика развивается, используя астрономические данные. Нет ни одной фундаментальной физической теории, которая не прошла бы или не проходила в настоящее время проверку астрономическими наблюдениями.



Действительно, астрономы имеют дело с такими температурами и давлениями, с такими мощными полями, которые в земных лабораториях получить невозможно. Многие построения современной физики и других фундаментальных наук можно проверить сегодня только на внеземных, астрономических объектах. Законы классической механики и теории относительности, основные положения квантовой физики, физика атомов и элементарных частиц — все они приложимы к астрономическим объектам, и именно на их основе строится современная картина мира.

Эту картину, во многом ещё незавершённую, с белыми пятнами, местами даже противоречивую, и стремились отразить создатели настоящей книги. Некоторые разделы требуют больше, чем лёгкого чтения, для их понимания нужна серьёзная работа: речь идёт о проблемах, которые и сегодня находятся на переднем крае науки, над ними работают специалисты, составляющие интеллектуальный авангард человечества. В то же время читатель с любым уровнем образования найдёт здесь для себя интересный и понятный материал.

Главная задача этой книги — не только познакомить читателя с астрономией, но и заинтересовать его. Астрономия — это такое поле приложения человеческих сил и интересов, которое может увлечь любого: и мечтателя, и деятеля, и физика, и лирика.

Вот оно над вами — вечное звёздное небо, преисполненное несказанной красоты и высокой тайны. Оно открыто всем и вознаграждает верных, наполняя их жизнь светом и смыслом.

Философы ввиду необычайного совершенства неба называли его видимым божеством. Поэтому, если оценивать достоинства наук в зависимости от того предмета, который они исследуют, наиболее выдающейся будет астрономия. Сама она, являющаяся бесспорно главой благородных наук и наиболее достойным занятием свободного человека, опирается почти на все математические науки.

И так как цель благородных наук — отвлечение человека от пороков и направление его ума к лучшему, то больше всего здесь может сделать астрономия вследствие невероятно большого наслаждения, представляемого ею разуму. Разве человек, прилепляющийся к тому, что он видит построенным в наилучшем порядке и управляющимся божественным изволением, не будет призываться к лучшему после постоянного, ставшего как бы привычкой созерцания этого совершенства?

(Николай Коперник.)

Астрономия по величию своего объекта и по совершенству своих теорий является самым прекрасным памятником человеческого духа и проявлением самого высокого его интеллекта. Обольщённый обманом чувств и самолюбием, человек долгое время считал себя центром движений светил, и его суетная гордыня была наказана страхами, которые эти светила в нём вызывали. Наконец, многие века труда сорвали завесу, скрывающую от его глаз систему мира. И тогда он увидел себя на планете, почти незаметной в Солнечной системе, огромная протяжённость которой является лишь ничтожной точкой в необьятности Вселенной. Величественные выводы, к которым привело его это открытие, вполне могут утешить его за то положение, которое отведено Земле, и показать человеку, измерившему небеса с исключительно маленького базисного расстояния, его собственное величие.

Сохраним же тщательно и умножим сокровищницу этих возвышенных знаний, отраду мыслящих существ. Они сослужили важную службу мореплаванию и географии. Но ещё важнее, что они рассеяли страхи, вызываемые некогда небесными явлениями, и уничтожили заблуждения, рождавшиеся от незнания наших истинных отношений с природой, — заблуждения и страхи, которые вновь возвратятся, если будет погашено пламя науки.

(Пьер Симон Лаплас.)







ЧЕЛОВЕК ОТКРЫВАЕТ ВСЕЛЕННУЮ









ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ

АСТРОНОМИЯ НАШИХ ДАЛЁКИХ ПРЕДКОВ

ОВЛАДЕНИЕ ВРЕМЕНЕМ И ПРОСТРАНСТВОМ

Ни одно животное не станет смотреть вверх... Только это нелепое создание — человек — тратит время попусту, глазея на небо.

Герберт Уэллс. «Это было в каменном веке»

Величественна картина звёздного неба. Тысячи звёзд, мерцая и переливаясь, манят к себе любознательные умы. Человек пытался и пытается осмыслить, какое место он занимает во Вселенной, что такое этот мир, как он устроен, всегда ли существовал и если нет, то возник ли сам или создан богами. Постижение звёздного мира бесконечно, но начало познания неба просто, потому что большинство небесных явлений повторяется совершенно одинаково несчётное количество раз. Однообразно повторяются суточный путь Солнца, порядок восхода и захода созвездий, лунные фазы, изменения на небе, связанные с временами года. Эти небесные явления настолько срослись с жизнью, что ими пользуются люди, животные и растения. Дуб «знает», когда его почки могут начать распускаться, а человек и без часов способен проснуться точно в намеченные им час и минуту. Птицы хорошо ориентируются по Солнцу, учитывая его дневное движение по небу; у них есть даже свои «навигационные» звёзды, по которым они находят путь в Африку и обратно. Североамериканская бабочка монарх, перелетая на зимовку в Центральную Америку, никогда не сбивается с дороги.

Всё это примеры астрономического ориентирования, выработанного живыми организмами бессознательно, в процессе эволюции. Когда же появился человек разумный, он стал осознанно ориентироваться во времени и пространстве и ради жизни, и ради трудовой деятельности, которая тогда занимала почти всё его время. Первобытные охотники и рыболовы должны были знать циклы жизни и пути миграции животных.



Скотоводам нужно было вовремя перегонять стада на новые пастбища, как-то ориентироваться на местности, определять время наступления дождливых или засушливых сезонов, а в более северных местах — предвидеть наступление зимы или лета. Земледельцы оказались в ещё большей зависимости от сезонных изменений; их труд — посев и жатва — невозможен без календаря.

Именно практические потребности — ориентирование в пространстве и времени — привлекли внимание людей к небесным явлениям, к наблюдениям за перемещением Солнца, Луны, к суточному движению звёзд.

Тысячелетиями ночуя у костра и глядя на небо, человек усвоил, что от вечера к вечеру звёзды остаются одними и теми же и не меняют взаимного расположения. Он выделил несколько приметных фигур — созвездий. 40 тыс. лет назад они имели не такой вид, как сейчас. Большая Медведица была похожа на Большую Колотушку, не было привычной фигуры подпоясанного Ориона. Первые созвездия позволяли ориентироваться ночью, а главное, следить за движением ночного неба.

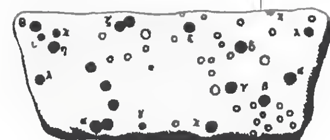
Сначала люди думали, что звёзды находятся только над плоской Землёй. Потом было открыто, что небо поворачивается вокруг нас, словно сфера с нарисованными на ней созвездиями. Большинство звёзд при этом так же, как Солнце и Луна, восходят и заходят, но в полуночной (северной) стороне, где Солнце никогда днём не бывает, есть звёзды, которые вообще не заходят. Надо только наблюдать за ними во время длинных зимних ночей. Если находиться на одном и том же месте и следить за восходом какой-нибудь яркой звезды из ночи в ночь, то станет ясно, что она всегда восходит в одном и том же месте горизонта. Это можно заметить, ориентируясь на далёкий предмет — дерево или гору. То же относится и к заходу звёзд.

А вот Луна меняет свои точки восхода и захода. Она не только движется вместе со звёздами слева направо, но ещё перемещается среди них от ночи к ночи справа налево. Если же заметить, что в какую-то ночь Луна была рядом с яркой звездой, то она вернётся к ней через 27,3 суток. Так был открыт период времени — лунный *сидерический* (от *лат.* sideris — «звезда») месяц, сказали бы мы сейчас. А смена лунных фаз — *синодический* (от *греч.* «синодос» — «соединение») месяц — завершается за 29,5 суток. Она легла в основу первого — лунного календаря. Его появление относится к IX—III тысячелетиям до н. э. В эту эпоху возникают первые государства, усложняются мифология и язык, мышление в целом. В Мишне — сборнике толкований библейских текстов — говорится так: «Луна была создана для счёта дней».

Наблюдая за месячным движением Луны среди звёзд, люди открыли, что она движется в сравнительно узкой полосе небесной сферы, которую ныне называют поясом зодиака. Он был разделён на 27 или 28 «лунных станций». Это были небольшие группы звёзд, удалённые друг от друга примерно на 13°, так что Луна при движении по небосводу каждую ночь оказывалась в следующей группе. Среди них были приметные группы



Представления о мире у древних народов Севера. Полюс мира, дающий направление на север, ассоциировался у них со Страной мёртвых.



Изображение созвездия Большой Медведицы на амулете.



ВЕТХОЗАВЕТНАЯ АСТРОНОМИЯ

Годовое изменение положения Солнца на небе отмечено в Библии. В Ветхом Завете в книге Иова сказано: «Давал ли ты когда в жизни своей приказания утру и указывал ли заре место её» (38.12). Здесь говорится, что утро наступает не в одно и то же время, и заря, т. е. место, где восходит Солнце, тоже меняет своё положение относительно сторон горизонта.

В книге Иова отражены и другие астрономические познания её авторов: «Можешь ли ты связать узел Хима и разрешить узы Кесиль?» (38.31), «Можешь ли выводить созвездия в своё время и вести Ас с её детьми?» (38.32). «Переводится» это так: «Можешь ли связать узел у Плеяд и развязать его у Ориона? Можешь ли ты вывести зодиакальные созвездия и Медведицу с детьми её водить?». Вероятно, записано это было в начале I тысячелетия до н. э., но здесь отразились и более древние представления кочевников, когда семитские племена ещё блуждали со своими стадами по Аравийскому полуострову.

НЕБЕСНАЯ ДОРОГА

Кроме дороги Солнца и Луны ночное небо опоясано туманной полосой Млечного Пути. Для обитателей южных широт, в пределах которых располагались все древние цивилизации, скопление звёзд Млечного Пути предстаёт великолепной светлой и широкой лентой.

Серебристая полоса на небе представлялась древним именно в виде некоей дороги. Осенними вечерами Млечный Путь простирается высокой дорогой, перекинутой с севера на юг, и небесный Лебедь летит по нему к югу, указывая путь и время перелётным птицам. Для угро-финнов и славян это Птичий Путь. У молдаван это Дорога Рабов (в Крымское ханство), у русских — Мамаева Дорога, а у венгров и румын это Цыганский Путь. Чумацким Шляхом его называли украинцы (чумаки — перевозчики соли), Соломенной Дорогой — арабы.

В ряде названий Млечный Путь связывается с идеей переселения душ. В древней Индии его называли «Диватмойя» — Божественный Путь, в Ассирии — Рекой Великой Бездны. Норманны толковали Млечный Путь как Тропу Духов или Дорогу Одина, ведущую в небесную обитель верховного бога Одина — Валгаллу. В некоторых древнегреческих мифах Млечный Путь — это дорога богов или путь, по которому проходят души умерших.

Развитие христианства и ислама породило новые названия: Святая, Моисеева, Божья Дорога; Иисусов, Иерусалимский Путь — у христиан; Дорога Паломников (путь в Мекку) — у мусульман. Греческий миф, послуживший поводом к названию Млечного Пути, не связан с дорогой. Согласно мифу, Геракл — сын Зевса и смертной женщины — мог получить бессмертие, только вкусив молока Геры, супруги Зевса, которая Геракла ненавидела. Когда она спала, хитрый Гермес подложил малютку-Геракла к её груди. Проснувшись, Гера оттолкнула младенца, чудодейственное молоко брызнуло из её груди и разлилось по небу. Так и возник Млечный Путь. Миф, давший ему название, связан с идеей жизни и бессмертия и потому, вероятно, очень древний.

звёзд: сейчас это Голова Овна, Плеяды, Гиады с Альдебараном (Рога Тельца), Близнецы Кастор и Поллукс, Голова Льва с Регулом, выразительный Скорпион, а были и пустые, беззвёздные «станции».

Великим открытием стало и то, что по зодиаку кочуют ещё и «блуждающие звёзды»— планеты. Их выделили уже в глубокой древности. Первыми были открыты Вечерняя и Утренняя звёзды. Много веков спустя астрономы поняли, что это одна планета (Венера). Вероятно, первым догадался об этом Пифагор Самосский в VI в. до н. э. За несколько поколений до него Гомер упоминал обе эти «звезды» как разные светила. Затем, вероятно, был открыт Юпитер, а следом Марс — по степени яркости. Сатурн, по блеску едва выделяющийся среди ярких звёзд, и Меркурий — планету, которую трудно заметить, наверняка открыли люди, специально занимавшиеся наблюдениями неба (например, жрецы).

С движением Солнца дело обстояло сложнее: ведь днём звёзд не видно. Но люди догадались, что и Солнце перемещается относительно звёзд. Наблюдая за его восходом и заходом, люди видели, что место, где оно появляется над горизонтом, каждый день немного меняется. Замечая места восходов и закатов, они нашли в его движении новую важную закономерность. В дни летних солнцестояний светило вставало и садилось ближе всего к точке севера и несколько дней, самых длинных в году, не меняло мест заката и восхода. Потом точки восхода и заката день за днём удалялись от севера, пока через полгода не достигали мест, самых близких к югу, что означало наступление зимнего солнцестояния. В середине между «стояниями» по линии восток — запад располагались точки, где дважды в году Солнце восходило, чтобы отмерить день, равный ночи.

Когда лунный путь зодиак был разделён на созвездия, выяснилось, что какое-то из них обязательно оказывается на рассвете над местом восхода Солнца, а другое загорается вечером там, где оно закатилось. Зная созвез-

дие, предшествующее Солнцу на рассвете, и созвездие, следующее за ним на закате, можно было легко определить, в каком созвездии между ними находится светило. Так было открыто годовое движение Солнца по зодиаку. Особенно важными на пути светила стали считаться те созвездия, в которых, судя по наблюдениям мест восходов, Солнце проходило четыре особые точки, деля свой годовой путь на почти равные отрезки.

Эти точки в средних климатических поясах отмечали и чередование сезонов. Весеннее равноденствие знаменовало возрождение природы. После него светило, поднимаясь по эклиптике из созвездия в созвездие, достигало к солнцестоянию наибольшего могущества. Потом оно начинало опускаться и в момент осеннего равноденствия пересекало границу Северного и Южного полушарий. С каждым днём вместе с увяданием природы Солнце оставалось на небе всё меньше времени. Наконец, в середине зимы, после зимнего солнцестояния, как бы преодолев усталость, оно начинало медленно возвращаться к «миру живых». Древние люди обожествляли Солнце. Совершая магические обряды, они старались «помочь» светилу благополучно преодолеть все трудности, которые могли встретиться ему на звёздной дороге.

Первобытные народы знали, когда происходили солнцестояния или равноденствия, так как с ними были связаны разливы рек и наступления тех или иных сезонов. Например, у скотоводов был весенний праздник. Он определялся началом весны, т. е. прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия и полнолунием. Праздник приходился на разные числа календаря. Его надо было вычислять.

Итак, астрономические наблюдения, связанные с необходимостью ориентироваться во времени и пространстве, возникли на заре человеческой культуры. Уже тогда, задолго до появления письменности и государств, были сделаны многие важные открытия, связанные с расположением и видимым движением светил по небу. Так возникла астрономия — древнейшая из наук.

В конце каменного века (VI—III тысячелетия до н. э.) в благоприятных климатических условиях вблизи великих рек: Нила, Тигра и Евфрата, Инда, позднее — Ганга, Хуанхэ, ещё позднее — Янцзы — появились земледельческие племена. В тех местах и зародились древние цивилизации. Наблюдение за небом стало здесь важнейшим делом для жрецов. Проходили тысячелетия медленного накопления астрономических знаний. По уровню развития астрономии можно довольно верно судить об общем уровне древней цивилизации. Примечательно, однако, что первые цивилизованные народы относили свои астрономические знания к наиболее отдалённому, доисторическому, периоду своего существования.

Таким образом, задолго до того как человек научился ориентироваться на Земле и создал географию, он уже ориентировался во Вселенной, создав её первые модели. Овладение пространством началось с космоса и лишь впоследствии распространилось на Землю.

ОБСЕРВАТОРИИ КАМЕННОГО ВЕКА

Общеизвестно, что многие древние сооружения ориентированы по странам света, но только сравнительно недавно учёные обратили внимание на археологические памятники, одним из назначений которых было наблюдение небесных светил. Их изучает *археоастрономия* — молодое научное направление, лежащее на стыке астрономии и археологии. Исследуемые ею сооружения, как правило, являлись святилищами, но одновременно использовались и для наблюдения Солнца и Луны. Доисторические обсерватории были сооружениями-инструментами, так сказать, «горизонтной астрономии», т. е. отмечали места восходов и заходов светил (измерять высоту светила над горизонтом тогда ещё не умели). Такие



Фазы Луны. Рисунок на стене пещеры.

Человек — это создание, непрактичность которого временами может сравниться лишь с его любопытством, — заинтересовался количеством звёзд и строением Космоса раньше, чем теорией земледелия или строением собственного тела.

(Станислав Лем.)





Стоячие камни в Баллохрое. Так происходил заход Солнца в день летнего солнцестояния в 1800 г. до н. э.

сооружения обнаружены повсюду — в Европе, Азии, Америке, Африке. Многие из них обладают очень сходными чертами. Это позволяет думать, что развитие астрономических представлений у разных народов шло близкими путями. Но нельзя исключать и влияние каких-то общих, чрезвычайно древних традиций.

Солнцепоклонники верили: для того чтобы Солнце не перестало освещать Землю, его надо умилостивить, упросить. Так возник храм — священное место, откуда человек мог взывать к высшему божеству. Не случайно древние храмы обычно имели в плане форму круга. Однако Солнце было не только богом, но и первым надёжным ориентиром, поэтому к нему мог иметь отношение не только круг камней, но и отдельный установленный вертикально высокий камень или группа камней, расположенных определённым образом к сторонам горизонта. Такие камни были одновременно и первыми часами, и компасом, и календарём.

Археологи нашли довольно много каменных сооружений такого типа. Их называют *мегалиты* (от *греч.* «мегас» — «большой», «литос» — «камень»). Они подразделяются на менгиры, дольмены, кромлехи и так называемые крытые аллеи — в зависимости от их архитектуры. Менгиры (*бретонск.* «высокие камни») — это одиноко стоящие камни до 20 м высотой, которые напоминают столпы или стелы. Дольмен (*бретонск.* «камень-стол») похож на ворота, сложенные из огромных каменных плит. Кромлех (*бретонск.* «круг из валунов») представляет собой круг из отдельных вертикально поставленных камней. Иногда кромлехи имеют более сложное строение — составляющие их камни могут быть попарно или по три разом перекрыты сверху горизонтальными плитами, как крышей. В середине круга может быть установлен дольмен или менгир.

Такие сооружения встречаются на территории Европы довольно часто. Особенно много их на Кавказе, Британских островах и во Франции, на полуострове Бретань. Таким образом, ещё в каменном веке по всей Европе жили племена, родственные друг другу, обладавшие достаточно развитой культурой и имевшие сходные религиозные представления. Эти племена иногда так и называют — строители мегалитов.

Долгое время учёные, следуя римским авторам, думали, что строителями мегалитов в Западной Европе были древние кельты — одно из индоевропейских племён, предки современных ирландцев, шотландцев и бретонцев, а мегалиты считались храмами кельтских жрецов-друидов. Теперь доказано, что сооружения эти возведены намного раньше, чем в Европе появились индоевропейцы, и говорить о кельтах как об их создателях не приходится. По-видимому, они лишь почитали эти каменные обсерватории, но использовать их уже не умели, как это было в Нью-Грейндже.

ОДИН ИЗ ШЕСТИ «ВОЛШЕБНЫХ ХОЛМОВ» — САМАЯ СТАРАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ЕВРОПЫ

Наиболее древним в Европе мегалитическим памятником, который связан с астрономией, считается Нью-Грейндж. Он был найден в Ирландии, неподалёку от Дублина. Там распола-





гался холм, которому местное население приписывало магические свойства. Говорили, что внутри него обитают феи и что каждый год в ночь на 1 ноября, считавшуюся у кельтов ночью «без времени», когда один год кончается и уступает своё место другому, они выходят наружу. Возле этого холма ирландцы в давние времена хоронили своих королей.

В 1963 г. начались раскопки. Холм был вскрыт, и результаты превзошли все ожидания. Под слоем земли было обнаружено странное сооружение из серых и белых камней, представлявшее собой сложенную прямо на земле каменную полусферу правильной формы около 85 м в диаметре, окружённую внешним кольцом из небольших, от 1,8 до 2,5 м, грубых каменных столбов-менгиров. Внутри «свод» оказался заполненным валунами. Посреди них находился узкий коридор длиной 12 м, который вёл в небольшую комнату. Стены Нью-Грейнджа расписаны странными узорами из кругов и спиралей, скорее всего символизировавшими кольца времени.

Туннель ориентирован на юго-восток точно на место восхода Солнца в день зимнего солнцестояния. В течение нескольких дней, близких к 21 декабря, лучи восходящего Солнца проникают по нему во внутреннюю комнату и ярко освещают её. Это эффектное зрелище длится сейчас всего 14 минут в год.

Ньюгрейндж был храмом Солнца и времени. В отличие от возведённого гораздо позже Стоунхенджа в его функции входила лишь одна астрономическая операция: определение начала года, которое его строители связывали с 21 декабря. Жрецы Нью-Грейнджа, по-видимому, стремились «помочь» Солнцу в наиболее «трудном» месте его пути, когда оно достигало самой нижней точки и должно было начать подъём от зимы к весне и лету.

Датируется Нью-Грейндж примерно 3000 г. до н. э. Это лишь один из шести знаменитых «волшебных холмов» Ирландии! Другие ещё не раскопаны, и можно лишь гадать, какие в них скрываются сюрпризы.

◂ Нью-Грейндж. В день зимнего солнцестояния лучи восходящего Солнца проходят через туннель во внутреннюю комнату.

ВЕЛИКИЙ СТОУНХЕНДЖ

Ни одному из гигантских сооружений древности не уделялось столько внимания, как знаменитому и загадочному Стоунхенджу. Он по справедливости может быть назван одним из первых памятников человеческой мысли.

Что же представляло собой это сооружение, возведённое на Солсберийской равнине Южной Англии? 30 вкопанных в землю обтёсанных вертикальных камней высотой около 5,5 м с положенными сверху плитами

Мегалиты Стоунхенджа.





составляли кольцевую «колоннаду» диаметром 29,5 м. Внутри неё вокруг центрального камня подковой располагались пять трилитов в форме узких «трёхкаменных ворот». Сооружение было окружено тремя концентрическими кольцами лунок, заполненных мелом, а на северо-восток от него шла обозначенная валами «аллея», в конце которой возвышался шестиметровый каменный столб массой в 35 тонн — Пяточный камень.

В Средние века считалось, что Стоунхендж (от *древнеангл.* Stan Hengues — «Висячие Камни») воздвиг король кельтского племени бриттов в память о сражении с саксами. По преданию, его построил за одну ночь главный чародей бриттов Мерлин. Миф о кельтском происхождении Стоунхенджа продержался на удивление долго.

Король Яков I (1566—1625), посетив Стоунхендж, был поражён величием развалин и приказал архитектору Иниго Джонсу нарисовать план сооружения и выяснить, как именно и кем оно было создано. Джонс тщательно обследовал Стоунхендж и пришёл к выводу, что друиды воздвигнуть такое сооружение были не в состоянии.

Стоунхендж.
Вид с высоты птичьего полёта.



Во второй половине XVII в. было произведено первое научное обследование Стоунхенджа. Его выполнил Джон Обри, историк и археолог. Он догадался, что некогда Стоунхендж представлял собой ещё более внушительное сооружение. Он начал раскапывать землю вокруг каменного кольца и обнаружил, что под землёй находятся странные ямы, заполненные дроблёным мелом. Располагаются они на равном расстоянии друг от друга, и всего их 56. Эти ямы, получившие впоследствии название «лунок Обри», сыграли большую роль в определении функций сооружения в целом.

Историк XVIII в. Уильям Стьюкли высказал предположение, что Стоунхендж как-то связан с Солнцем. Он обратил внимание, что главная линия всего сооружения указывает на северо-восток, туда, где встаёт Солнце в самые длинные дни года — в момент летнего солнцестояния. 30 лет спустя, в 1771 г., гипотеза Стьюкли была развита доктором Джоном Смитом, который тщательно измерил все камни и пришёл к выводу, что Стоунхендж — это не только храм Солнца, но и календарь. Он отметил, например, что количество камней в одном из кругов — 30 — равно числу дней в лунном месяце, а если его умножить на 12, т. е. на число месяцев, то получится 360, соответствующее количеству дней в древнем солнечном году.

Современные учёные пришли к единодушному мнению, что Стоунхендж был построен между 1900 и 1600 гг. до н. э., т. е. примерно на тысячу лет позже египетских пирамид, причём строился он в три этапа. Заложили его на исходе каменного века. Тогда был вырыт кольцевой ров с двумя валами и установлены «прицельные» деревянные столбы и вертикальные камни, которые до наше-



го времени не сохранились, а также были устроены «лунки Обри». Все 56 лунок расположены по кругу вдоль внутреннего вала. В конце «аллеи», метрах в 30 от входа в кольцо был поставлен огромный Пяточный камень. Как показали наблюдения, в день летнего солнцестояния точно над ним восходит Солнце. До наших дней от Стоунхенджа I не дошло почти ничего, кроме Пяточного камня, следов лунок и рва.

Строительство Стоунхенджа II относится примерно к 1750 г. до н. э. Тогда были установлены первые мегалиты. Ещё лет через сто началось строительство Стоунхенджа III. Вокруг центра была установлена подкова из пяти «ворот» — трилитов от 6 до 7 м высотой, состоявших из двух вертикальных камней, поверх которых горизонтально лежал третий. Они были окружены кольцевой колоннадой из 30 вертикальных камней, покрытых горизонтальными плитами. Ориентирован Стоунхендж III был всё так же на северо-восток, к Пяточному камню, который по-прежнему, видимо, оставался главным в этом грандиозном сооружении. Завершено строительство было примерно в 1600 г. до н. э.

Назначение и «устройство» Стоунхенджа в общих чертах стало понятным благодаря проведённым на нём астрономическим наблюдениям и анализу направлений, на которые нацелены каменные «визиры». Выяснилось, что Стоунхендж был гигантской обсерваторией, построенной для того, чтобы следить за движением Солнца и Луны. С его помощью решалась важнейшая задача — определение дня летнего солнцестояния, когда Солнце восходило на северо-востоке максимально близко к точке севера. От него можно было начинать вести счёт времени на целый год вперёд до тех пор, пока Солнце вновь не поднимется точно над Пяточным камнем, знаменуя завершение годового цикла. Скорее всего момент этот отмечался каким-то торжественным ритуалом.

Конечно, наблюдение за движением Солнца не было единственной целью, ради которой древние люди возвели это огромное сооружение. Ведь для того чтобы увидеть восход Солнца над Пяточным камнем в день летнего солнцестояния, достаточно было установить сам этот камень и отметить определённую точку в поле, с которой проводились бы наблюдения. Зачем же были нужны остальные камни?

Учёные обратили внимание на устройство трилитов. Вертикальные камни в них были поставлены очень близко друг к другу, на расстоянии всего 30 см. Таким образом, смотря сквозь бойницу, человек неизбежно очень сильно ограничивал поле своего зрения, причём каждый раз «луч» взгляда, пройдя сквозь трилит, попадал в определённый проём внешней колоннады. Также фиксировались другие важные направления. Как показали

ОБСЕРВАТОРИЯ «ВИСЯЧИЕ ДЕРЕВЬЯ»

Стоунхендж не был единственным сооружением такого типа. Например, в 3 км от него были найдены остатки древней постройки, по своей планировке напоминающей Стоунхендж. Будучи деревянным, это сооружение, получившее название Вудхендж (*англ.* wood — «дерево»), практически не сохранилось. На его месте археологи обнаружили лишь ров и множество лунок, в которые в своё время были вкопаны деревянные столбы. Вероятно, Вудхендж был прообразом Стоунхенджа, выполняя те же астрономические функции. Опираясь именно на эту «натурную модель», строители могли, не опасаясь крупных ошибок, возвести грандиозный астрономический храм — великолепный Стоунхендж.



План Стоунхенджа.



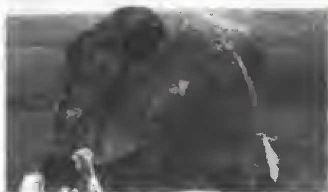
КОНЬ-КАМЕНЬ НА КРАСИВОЙ МЕЧИ

Камень этот лежит на вершине Красного холма на берегу Красивой Мечи, что течёт по тульской земле к Дону. Дурная молва ходила о нём, будто бывают от него засухи, неурожаи и падёж скота. Опахивали его сохами да тракторами, и попа звали, и вроде бы в реке топили, да только он снова тут!

Это глыба песчаника длиной больше 3 м и весом 30—35 т. Родом он из каменоломни километра за два-три отсюда. Неизвестно, кто и когда притащил Конь-камень, положил на три опоры и вырубил в нём прямой аккуратный жёлоб. Посмотришь в этот «прицел» с одного конца и увидишь место на горизонте, где Солнце восходит в самый короткий день; посмотришь с другого — увидишь, где оно заходит в день летнего солнцестояния.

И не один такой камень есть в наших землях. На древнем Куликовом поле — свой «Конь-камень», на многих Ярилиных горках ещё стоят эти пассажные инструменты каменного века, эти солнечные календари, российские «Стоунхенджи».

Так и видится бородатый мудрец, безвестный Галилей в звериных шкурах, который размечает свежую глыбу каменным резцом с верой во что-то своё, уже не доступное нам, его далёким предкам.



исследования, сквозь один из трилитов открывается вид на Солнце, встающее в день зимнего солнцестояния. Два других трилита предназначались для наблюдения заходов Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний.

Два трилита использовались для наблюдений Луны. Проёмы внешней колоннады делали их более точными и совершенными. Луна движется по зодиакальным созвездиям вдоль эклиптики так, что оказывается то выше неё (до 5°), то ниже. Это называется «высокая и низкая Луна». Закаты Луны, максимально удалённой от эклиптики к северу и югу, просматривались через один трилит, но через разные арки колоннады.

В дни, когда Луна пересекает эклиптику, возникает возможность лунного или солнечного затмения. Чтобы предупреждать об этой «опасности», и был построен Стоунхендж, оказавшийся не только обсерваторией-календарём. Согласно гипотезе Джеральда Хокинса, он использовался и в качестве некой «вычислительной машины», позволявшей следить за приближением Луны к эклиптике и предсказывать солнечные и лунные затмения.

Хокинс показал, что во II тысячелетии до н. э. затмения Луны и Солнца происходили тогда, когда зимняя Луна восходила над Пяточным камнем. Кроме того, лунные затмения могли происходить и осенью. Каждый раз этому предшествовало совпадение точки восхода Луны с определённым камнем внешнего круга. Интервал, через который она вновь должна будет оказаться в этой точке, составляет 18 лет. Через три цикла — это почти 56 лет. Но ведь 56 как раз число «лунок Обри»! Вероятно, именно для этого они и служили: пользуясь лунками, можно было предсказывать наиболее «опасные» моменты при сближении Солнца и Луны. Достаточно было через определённое количество дней перекладывать камень по кругу из одной лунки в соседнюю.

По мысли Хокинса, создатели Стоунхенджа, используя шесть перекладных камней, могли предвидеть не только год, но и сезон, в который произойдёт затмение.

Интересно название главного камня Стоунхенджа: «Пяточным» окрестил его Обри, как считалось, потому, что заметил на нём небольшую выемку, напоминающую след от пятки. Однако учёный скорее всего записал со слов местных жителей старинное название, сохранившееся от древних бриттов, которые именовали камень «солнечным» (кельтское слово haol — «солнце» — звучит похоже на английское heel — «пятка»).

ПЕРВОБЫТНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ НОВОГО СВЕТА

На равнинах Северной Америки обнаружено огромное количество археологических памятников в виде каменных кругов на вершинах холмов. Наибольший возраст имеет круг в Махорвилле, Канада. Он был сооружён около 2500 г. до н. э. и является современником египетских пирамид.

Некоторые из кругов, безусловно, имеют астрономический смысл.



Биг Хорн (*англ.* Big Horn — «Большой Рог»), один из самых важных памятников этого типа, находится на горе Медицина в штате Вайоминг, США. Потому, вероятно, каменные круги получили неожиданное название «медицинских кругов». Впрочем, всё могло быть наоборот. Европейское слово medicine у индейцев означает также «волшебство», и гора стала называться «Медицина» из-за колдовского каменного круга.

Биг Хорн представляет собой большую группу камней, из которой выходят «лучи» длиной в среднем по 12 м. По концам их проведена каменная окружность. Снаружи, на конце каждого из шести лучей, насыпаны каменные груды поменьше, причём пять из них касаются окружности, а шестая, юго-западная, расположена на конце луча, выходящего за пределы круга, как «аллея» Стоунхенджа. Направление от неё на центр круга совпадает с направлением восхода Солнца в день летнего солнцестояния.

Ещё три направления лучей можно связать со звёздами — это восходы Альдебарана, Ригеля и Сириуса. Пункт наблюдения во всех случаях один и тот же — северо-западная груда камней, а «мушкой» служат две восточных и центральная груды.

Около 1500 г. до н. э. гелиакический восход Альдебарана (т. е. наступление его видимости перед восходом Солнца) происходил вблизи даты летнего солнцестояния и мог быть использован в течение нескольких веков как дополнительное событие, предшествующее солнцестоянию и подтверждающее его. Две другие звезды имели гелиакические восходы в такой последовательности: Ригель через 28 дней после Альдебарана, а Сириус через 28 дней после Ригеля. Прямо какая-то магия цифр, особенно если учесть, что 27,3 суток — время лунного пути по всему зодиаку.

Можно предположить, что круги строились для календарных и ритуальных целей. «Медицинские круги» Северной Америки показывают, что для её обитателей летнее солнцестояние служило началом года.

АСТРОНОМИЯ НА РУСИ

Все известные источники содержат очень скудную информацию о том, насколько хорошо древние славяне знали звёздное небо. Причины этого в общем понятны. Почти полгода небо на Руси закрыто облаками и туманами. Кроме того, в летнее время ночи очень светлые. И наконец, славяне долгое время были изолированы от народов, накопивших богатый наблюдательный материал. Прежде всего речь идёт о греках и римлянах, от которых восприняли свои представления о звёздном небе кельты и германцы. Кочевые же народы, хорошо знавшие звёзды, часто со славянами воевали.

Большая и Малая Медведицы с Полярной Звездой в славянской народной традиции назывались: «Ковш», «Лось», «Сохатый», «Воз», «Телега», «Повозка» и т. д. Названия «Лось», «Сохатый», по-видимому, пришли от угро-финских народов, северо-восточных соседей древних славян, охота для которых была главным занятием. «Телега», «Повозка», «Воз» пришли от древних германцев или были общими названиями для двух народов ещё в период глубокой древности (конец II — I тысячелетие до н. э.), когда они не были ещё разделены. Полярную звезду славяне представляли как «Кол», вокруг которого движутся звёзды. Впрочем, такое же понимание было и у других народов.

Весьма популярными у славян были Плеяды. Именовались они по-разному: «Волосыны», «Волоса», «Стожары», «Волосожары» и т. д. Возможно, так представлялся им бог Велес, или «скотий» бог. Плеяды, которые были видны только зимой, отмечали как бы вынужденный простой в хозяйственной деятельности.

Название «Стожары» происходит от слова «стог». Восточные славяне называли «стожаром» кол, воткнутый в землю, чтобы укрепить стог сена. Правда, возможна обратная связь: когда уходят с небосвода Плеяды, наступает время выводить скот в поле на выпас. В созвездии Ориона славяне обращали внимание на три центральные звезды, так называемый Пояс Ориона, и устная традиция сохранила их название — «Три плуга». Венеру славяне, как и другие народы, воспринимали как две звезды — Вечернюю и Утреннюю: «Зарница», «Зарянка», «Денница» — Утренняя звезда; «Вечерица», «Вечёрка» — Вечерняя. Есть у Венеры и «звериные» названия: «Волчья звезда» — время вечернего выхода на охоту волка; «Воларица» (от слова «вол») — время утреннего вывода скота на пастбище.

Известны народные названия и других созвездий, но их давность определить трудно. Славяне жили в основном в лесах и по берегам рек, которые давали массу вспомогательных ориентиров по сторонам горизонта: по растениям, по рельефу местности, по направлениям ветров (по сезонам) и т. д. Они иначе воспринимали мир, чем, например, жители южных широт с их открытым небом и пространством пустынь и степей или народы, населявшие морские берега, которые использовали знания звёздного неба в навигационных целях.



«ЗВЁЗДНЫЕ» ПИРАМИДЫ ЭКВАДОРА

В 40 км от столицы Эквадора Кито, в местности Кочаски, расположен комплекс из 15 усечённых пирамид различных высот и площадей. Строились они в разное время и относились, по-видимому, к культуре Каранки, которая возникла около 800 г. н. э, в 700—1200 гг. достигла расцвета, а исчезла через два столетия.

Широкие площадки на пирамидах, вероятно, использовались для религиозных обрядов. Долгое время казались непонятными пологие пандусы, которые ведут к верхним площадкам девяти пирамид. Однако выяснилось, что они имеют определённый астрономический смысл. Все пандусы подходят к пирамидам с северо-востока, и самый большой из них достигает в длину 300 м. Расчёты показали, что в этом направлении несколько веков назад можно было видеть восход звезды, расположенной на конце хвоста Большой Медведицы. Звезда, которую мы называем Бенетнаш, восходит последней из семи звёзд, и это означает, что весь Ковш Большой Медведицы красуется на небосклоне.

Наблюдающему восход на линии искусственного горизонта, образованного краем пирамиды, значительно легче зафиксировать момент появления звезды, и, самое главное, на него не влияет «угол затухания». Обычно звёзды можно различить только на высотах больше 6—8° над горизонтом. Здесь же звезда появляется сразу на высоте 10°. Такой практически одинаковый угол наклона имеют пандусы всех пирамид.

Чем же восход Бенетнаша был так интересен индейцам, что для его наблюдения они воздвигали пирамиды? В древности *гелиакический* (перед восходом Солнца) восход этой звезды происходил в конце октября — начале ноября, что совпадало с наступлением сезона дождей и началом сельскохозяйственного года. Сезон этот в тропической зоне, как правило, приходит внезапно и бурно, грозя застать врасплох земледельцев. Потому жителям Кочаски были так важны астрономические методы предупреждения стихии.

АСТРОНОМИЯ ДРЕВНИХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Солнечный диск в руках богини Нут — «госпожи Небес и звёзд, Матери Солнца».



ЗВЁЗДНАЯ НАУКА СТРАНЫ ПИРАМИД

Примерно за четыре тысячелетия до новой эры в долине Нила возникла одна из древнейших на Земле цивилизаций — египетская. Ещё через тысячу лет, после объединения двух царств (Верхнего и Нижнего Египта), здесь сложилось мощное государство. К тому времени, которое называют Древним царством, египтяне уже знали гончарный круг, умели выплавлять медь, изобрели письменность. Именно в ту эпоху были сооружены пирамиды. Тогда же, вероятно, появились египетские календари: *лунно-звёздный* — религиозный и *схематический* — гражданский.

Обитатели долины Нила, где нет настоящей зимы, делили год на три сезона, которые зависели от поведения реки. Первый сезон — «ахет» (что в переводе с языка древних египтян означает «наводнение») — совпадал с разливом Нила. В то время, с июля по октябрь, река затопляла низины. Следующий сезон, длившийся тоже около четырёх месяцев, назывался «перет» (появление суши). Вода спадала, увлажнив землю и удобрив её илом; сезон начинался севом и заканчивался сбором урожая. С марта со стороны Сахары полтора месяца дули иссушающие ветры, и наступал последний сезон года, «шему» (отсутствие воды). С Нила, от которого зависела вся жизнь египтян, и началась астрономия этой древней цивили-



зации. «Египет — это дар Нила», — писал древнегреческий историк Геродот.

Египетские жрецы-астрономы заметили, что незадолго до начала подъёма воды происходят два события: летнее солнцестояние и первое появление Сириуса на утренней заре после 70-дневного отсутствия на небосводе. Сириус, самую яркую звезду неба, египтяне назвали именем богини Сопдет. Греки произносили это имя как «Сотис».

К тому времени в Египте существовал лунный календарь из 12 месяцев по 29 или 30 дней — от новолуния до новолуния. Чтобы его месяцы соответствовали сезонам года, раз в два-три года приходилось добавлять тринадцатый месяц. Сириус «помогал» определять время вставки этого месяца. Первым днём лунного года считался первый день новолуния, наступавший после возвращения этой звезды.

Такой «наблюдательный» календарь с нерегулярным добавлением месяца плохо подходил для государства, где существовали строгий учёт и порядок. Поэтому для административных и гражданских нужд был введён так называемый схематический календарь. В нём год делился на 12 месяцев по 30 дней с добавлением в конце года дополнительных пяти дней, т. е. содержал ровно 365 дней.

Египтяне знали, что истинный год на четверть дня больше, чем введённый, и достаточно добавить в каждом четвёртом, високосном, году вместо пяти дополнительных дней шесть, чтобы согласовать его с сезонами. Но этого сделано не было. За 40 лет, т. е. за жизнь одного поколения, календарь уходил вперёд на десять дней, не на такую уж заметную величину, и писцы, управлявшие хозяйством, могли без труда приспособиться к медленным изменениям дат наступления сезонов.

Через какое-то время в Египте появился и ещё один лунный календарь, приспособленный к скользящему гражданскому. В нём дополнительные месяцы вставлялись так, чтобы удержать начало года не вблизи момента появления Сириуса, а около начала гражданского года. Этот «блуждающий» лунный календарь использовался наряду с двумя другими.

Возникнув в начале Древнего царства, гражданский календарь продержался в Египте вплоть до вхождения страны в состав Римской империи, хотя его пытались исправить, вводя високосные годы. Даже греческим царям из династии Птолемеев не удалось преодолеть силу традиции.



Иероглифическая надпись, означающая: «Сотис Великая блистает на небе, и Нил выходит из берегов своих».

• • •

В Древнем Египте существовала сложная мифология с множеством богов. Астрономические представления египтян были тесно связаны с ней. Согласно их верованиям, в середине мира находился Геб, один из прародителей богов, кормилец и защитник людей. Он олицетворял Землю. Жена и сестра Геба, Нут, была самим Небом. Её называли Огромной матерью звёзд и Рождающей богов. Считалось, что она каждое утро проглатывает светила и каждый вечер рождает их вновь. Из-за этой её привычки когда-то произошла ссора Нут и Геба. Тогда их отец Шу, Воздух, поднял Небо над Землёй и разлучил супругов. Нут

КРЫЛАТЫЙ СИМВОЛ ЕГИПТЯН

Когда пятен и протуберанцев на Солнце много, у солнечной короны «растрёпанный» вид. Её искривлённые лучи торчат во все стороны, как волосы на голове человека, только что вскочившего со сна. Когда же на Солнце пятен мало, то корона вытягивается вдоль солнечного экватора наподобие крыльев или опахал.

Астроном Нина Михайловна Субботина высказала предположение, что изображение крылатого Солнца у египтян, этот их священный и любимый наравне со скарабеем символ, есть не что иное, как изображение Солнца с его короной.

Корона, хорошо видимая при затмении невооружённым глазом, не могла не производить потрясающего впечатления на наблюдательных египетских жрецов, которые к тому же обоготворяли Солнце и придумали изображение крылатого Солнца.

(По книге Б. А. Воронцова-Вельяминова «Очерки о Вселенной». 1976 г.)





Керамическая статуэтка, изображающая бога Луны Тота.

была матерью Ра (Солнца) и звёзд и управляла ими. Ра в свою очередь создал Тота (Луну) как своего заместителя на ночном небе.

Согласно другому мифу, днём Ра плывёт по небесному Нилу и освещает Землю, а вечером спускается в Дуат (преисподнюю). Там он путешествует по подземному Нилу, сражаясь с силами мрака, чтобы утром вновь появиться на горизонте. Ра *изображался в образе сокола*, а иногда в виде огромного кота. Его символом также был обелиск, увенчанный четырёхгранной пирамидой. Именно в честь Ра фараоны, считавшие себя его детьми, придали своим гробницам форму пирамид.

В ходе ночных богослужений культа Ра жрецы должны были помогать богу, совершавшему своё трудное плавание по подземному Нилу. Для этого им нужно было определять время и ночью. До нас дошли свидетельства о трёх попытках создания египтянами *звёздных часов*.

Наиболее точными из них были третьи, в которых использовались наблюдательные инструменты. Этот способ измерения ночных часов по звёздам был изобретён около 1500 г. до н. э. Его осуществляли, отмечая время прохождения определённых звёзд через небесный меридиан и соседние участки неба. Наблюдатель садился на площадке лицом к югу, напротив фигуры сидевшего «на меридиане» человека. Был ли это служитель храма или манекен, неизвестно. Наблюдатель с помощью визирного приспособления — дощечки с вырезом в верхней части — следил за прохождением «часовой звезды» над «фигурой».

Сохранились таблицы с указанием звёзд и их положений для каждого из 12 часов ночи. Положения обозначались фразами: «напротив сердца» (посередине фигуры), «над правым глазом», «над левым ухом», «над правым плечом» — *всего семь положений*. Как и первые два, этот способ определения времени, привязанный к скользящему календарю, требовал постоянного обновления таблиц и оказался недолговечным.

* * *

В Карнаке, около Фив, были найдены самые древние египетские водяные часы. Они изготовлены в XIV в. до н. э. По-видимому, такие часы были известны лет за 300 до того: они появились незадолго до изобретения последних звёздных часов. Водяные часы, которые греки позднее назвали клепсидрой, представляли собой чашу с небольшим отверстием, из которого понемногу вытекала или капала вода. На внутренней стороне чаши помещались шкалы, по которым можно было судить, сколько времени «утекло». Египтяне той эпохи делили ночь и день на 12 часов, и часы получались разными в зависимости от сезонов. Поэтому в каждом месяце пользовались отдельной шкалой с его названием. Шкал было 12, хотя хватило бы 6, поскольку длины дней, находящихся на одном расстоянии от солнцестояний, практически одинаковы. Но египтяне были пленниками традиций и крайне неохотно шли на изменения первоначальных конструкций. Часы заполнялись водой в начале ночи, причём точкой отсчёта мог служить, например, заход Солнца, а дальше в ходе службы жрецам уже не нужно было смотреть на небо.

Водяные часы не могли обойтись без регулировки. Вероятно, для этого отверстия клепсидр залепляли воском, в котором прокалывали дырочку нужного размера. Но требовалось ещё согласование «хода» этих часов

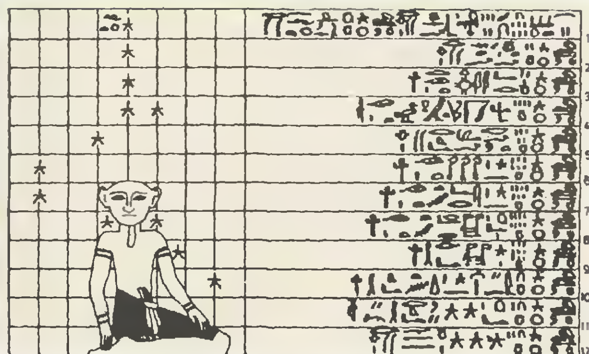


Таблица положений звёзд, высеченная на стене усыпальницы фараона.





◂ Клепсидра — водяные часы.

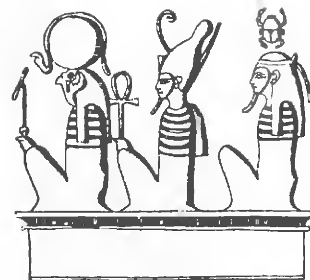
с действительной длиной дня, т. е. нужны солнечные часы.

Главными солнечными часами в Египте были, конечно, обелиски, посвящённые Солнцу-Ра. Такой астрономический прибор в виде вертикального столба называется *гномон*. Это первый инструмент, позволивший измерить высоту Солнца над горизонтом по длине тени. Так египтяне дополнили древнейшую «горизонтальную» астрономию вертикальным нахождением угловой высоты, тогда как в Стоунхендже измерялись только азимуты светил. Когда тень от гномона становилась самой короткой, наступал полдень. Остальные часы дня эти обелиски показывали не так точно.

* * *

Древние египтяне, как и все народы, делили небо на созвездия. О египетских созвездиях мы можем судить по упоминаниям в текстах и по рисункам на потолках храмов и гробниц. Египетские созвездия не похожи ни на вавилонские, ни на древнегреческие. Всего их известно 45. Сохранившиеся росписи потолков не образуют звёздной карты, и положение египетских созвездий на небе удаётся определить лишь приблизительно. Упоминаются, например, Мес (вероятно, Большая Медведица, которая изображалась в виде ноги быка); созвездие Ан в виде фигуры с головой сокола, пронзающей копьём созвездие Мес; созвездие Бегемотихи, за которой изгибается огромный Крокодил. В древних текстах околополярные незаходящие созвездия именовались «неразрушимыми».

Планеты египтянам были известны с давних времён. Египетские жрецы рано смогли разделить их на две группы. Верхние планеты, которые можно наблюдать в противостоянии Солнцу, считались воплощениями бога Хора. Так, Юпитер назывался «Хор, который освещает обе Земли», Сатурн — «Хор — бык небес», а Марс — «Красный Хор». Каждую из нижних планет, которые видны то утром, то вечером, египтяне, видимо, уже с середины II тысячелетия до н. э. знали как одно светило. Древнее название Венеры переводится как «Пересекатель», т. е. звезда, пересекающая путь Солнца. О Меркурии говорилось как о боге вечерних и утренних сумерек.



Тройное изображение бога Солнца: Гепри — восходящее, Ра — дневное, Атум — заходящее.

* * *

Казалось бы, египетская астрономия не может похвастаться особыми достижениями. Египтяне, оседлый народ, живший в неширокой речной долине, не нуждались в астрономических методах ориентирования. Сроки сельскохозяйственных работ египтянам подсказывала река, и достаточно было установить момент начала её разлива, чтобы, не глядя на небо, знать, что будет дальше. Жрецы наблюдали звёзды в основном для измерения ночного времени, а писцы ввели упрощённый календарь, который не был привязан к сезонам и как бы пренебрегал астрономией.



Картина мира по представлениям древних египтян. Изображены боги Неба (Нут), Земли (Геб), и Солнца (Ра).



Тем не менее именно на египетской земле, в Александрии, работали позднее греческие учёные, заложившие основы современной астрономии. Здесь трудились Аристарх Самосский, Тимохарис, Эратосфен, именно здесь написал свой знаменитый астрономический труд Клавдий Птолемей. Оказала ли на них влияние наука Египта? Несомненно, и именно в той части, где она ушла от слепого следования за периодическими изменениями неба. Схематический календарь не следовал за сезонами, однако он послужил идеальной равномерной шкалой для определения интервалов между затмениями, наблюдавшимися через много лет одно после другого. Именно этим календарём пользовался в своих расчётах Птолемей, а позже и сам Коперник. Египетская идея не зависящего от продолжительности

ВСЕЛЕНСКАЯ МИФОЛОГИЯ ВЕД

Во II тысячелетии до н. э. на территорию Индостана с северо-запада пришли арии — одно из индоевропейских племён. Они принесли в Индию новую культуру, которая в дальнейшем определила облик страны. Ведийская культура близка европейской. У нас с ней общее прошлое, нам понятны имена ведийских богов: Парджанья — Перун, Савитар — бог света, Агни — бог огня. Бхага (буквально Податель, Богатство, Счастье, Благо) — имя, родственное русскому «Бог».

Веды — древнейшие литературные памятники Индии. Слово «веда» (родственное русскому «ведать») означает «священное знание». Это четыре свода гимнов и заклинаний богам. Ригведа (веда гимнов) — самая древняя. Ей более 3 тыс. лет. В ведах отражены космологические представления ариев.

Изначальное состояние мира было хаотическим, неупорядоченным: «Тогда не было ни сущего, ни не сущего. Не было ни воздушного пространства, ни неба над ним... Не было разницы между днём и ночью, всё было неразличимо-текучим... Без дуновения дышало единое, и кроме него ничего не было».

Первыми возникли воды. Они породили огонь. Великой силой тепла в них рождено было Мировое Яйцо. Из него вышел бог-творец Праджапати (позднее в индуистской мифологии его заменил Брахма). Верхняя половина Яйца стала Небом, нижняя — Землёй, а между ними, чтобы разделить их, бог-творец поместил Воздух.

По другой версии, мир был создан из тела первочеловека Пуруши. Из его разума возник Месяц, из ока — Солнце, его голова стала Небом, ноги — Землёй, а из ушей создались страны света. Так из великой жертвы сотворили мир вечные боги.

Ведийцы разделяли Вселенную на три яруса, три мира, — Землю, Воздушную область и Небо. Каждый мир в свою очередь включал три части. В Ригведе об этом пелось так:

Через пламя, Землю и растения —
так этот мир трёхсоставен,
Через ветер, Воздух и птиц —
так тот мир трёхсоставен,
Через Солнце, Небо и звёзды —
так мир иной трёхсоставен.

Из пальца на левой ноге Брахмы родилась дочь. Её имя — Вирини-Ночь. У Ночи было 50 дочерей. 27 из них она отдала в жены Соме, богу Луны, и они стали созвездиями зодиака.

Бог Дакши вышел из большого пальца правой ноги Брахмы. Внуки Дакши — 12 братьев — величайших богов мира. Среди них Варуна, Митра, Бхага, Индра, Вивасват. Вивасват родился без рук, без ног — круглый и гладкий, как шар. Посмотрели на него братья и сказали: «Мы его переделаем». Отсекли они от шара всё лишнее и получился бог, подобный человеку, — бог Солнца Сурья.

Считалось, что Солнце-Сурья управляет мирами и вынуждает созвездия прятаться. В одном из текстов говорится о пребывании его ночью ниже Земли: «Солнце устраивает ночь у нас и день на другой стороне, а потом наоборот». Здесь можно видеть отголосок мифа о Мировом Яйце, где небо в виде скорлупы «обнимает» висящую в середине плоскую Землю.

Ведийцы имели ясное представление об эклиптике, которую называли Тропой Сурьи. В ведах сказано, что торную дорогу в небе для Солнца устроил Варуна, бог верхних и нижних вод, родственный греческому Урану, богу звёздного неба. Индийцы разделили эклиптику на 28 созвездий — «лунных стоянок» (Луна обходит эклиптику за 27,3 суток). Позднее число созвездий было уменьшено до 27.

У Сомы-Месяца было 27 жён, но он любил одну Рахини. «Ты должен любить всех моих дочерей», — говорил ему Дакша, муж Ночи. Но Соме не хотелось уходить из дома Рахини. И тогда Дакша, Отец Богов, наслал на него немощь. Стал Сома чахнуть и худеть, а на Земле начали вянуть цветы и травы, а затем и многие животные стали спадать с тела. И тогда боги попросили Отца Богов снять чары с Сомы. «Пусть он ходит ко всем моим дочерям», — сказал Дакша. И Сома пошёл вдоль эклиптики — каждую ночь в новый дом. «С тех пор Луна прибывает в светлые ночи месяца и убывает, когда ночи тёмнеют».

А ещё Сома-Месяц «заведовал» планетами, а Будха-Меркурий был его сыном.



дня часа легла в основу всех астрономических наблюдений. Пользуясь сейчас одинаковыми для каждого времени года часами, составляющими 1/24 длины суток, стоит помнить, что этот счёт времени был предложен миру древними египтянами.

АСТРОНОМИЯ НА ГЛИНЯНЫХ ТАБЛИЧКАХ

Месопотамия, или Междуречье, — это область на Ближнем Востоке, лежащая по берегам двух больших текущих рядом рек, Тигра и Евфрата. На протяжении 3 тыс. лет, с конца IV тысячелетия до н. э. и до I тысячелетия н. э., здесь находился центр цивилизации, культурное влияние которой простиралось от берегов Средиземного моря на западе до Иранского нагорья на востоке и от Кавказских гор на севере до Персидского залива на юге. Среди многочисленных достижений этой цивилизации особое место занимает развитие астрономии. Как и все науки древности, за исключением уникальной древнегреческой, здешняя астрономия носила преимущественно прикладной характер, изучая движение светил для аграрных и религиозных нужд. Но именно накопленные месопотамскими учёными данные и математические приёмы позволили Гиппарху и Птолемею заложить основы астрономической науки.

• • •

В III тысячелетии до н. э. Месопотамия была населена шумерами, язык которых не родствен ни одному из известных современных и древних языков. Шумеры создали в Южной Месопотамии несколько городов-государств, ставших центрами культурного развития. Важнейшими из них были расположившиеся на Евфрате Ур и Урук и разместившиеся в Междуречье Лагаш и Ниппур. В центре шумерских городов помещались храмы, которые обычно представляли собой многоступенчатые пирамиды. На верхней площадке пирамиды стоял собственно храм сравнительно скромных размеров. Подобные сооружения, называвшиеся зиккуратами, возвышались над остальными постройками и выражали идею «связи небес и земли» (такое имя носил зиккурат в Ниппуре). Это название подтверждает и астрономическое значение зиккуратов.

Важнейшим культурным достижением шумеров стало создание письменности. Материалом для письма служили таблички из сырой глины, на которые с помощью остроконечной палочки наносили характерные клинообразные знаки. Отсюда происходит название этой системы письма — клинопись. Заполненные записями таблички обжигали; это обеспечило их сохранность на протяжении тысячелетий. На основе клинописи развилась целая литература, в которой встречается много астрономических текстов.



Луна и Плеяды. Фрагмент изображения звёздного неба на глиняной табличке из Вавилона.



Шумерский зиккурат бога Луны (Нанны).





Поклонение богу Луны. Древнешумерское изображение.

Астрономия шумерского периода была наблюдательной. Шумеры обожествляли небесные светила (Ан — Небо, Уту — Солнце, Нанна — Луна и Инанна — Венера). Уже в начале III тысячелетия до н. э. шумеры знали, что Утренняя и Вечерняя звезда представляют собой одно и то же светило — планету Венеру. А в конце этого тысячелетия был создан клинописный текст, содержавший список шумерских созвездий, которые также считались божествами. Он свидетельствует о том, что шумеры выделяли планеты как самостоятельную категорию небесных светил. Они называли их «дикими овцами», чтобы отличить от неподвижных звёзд. Однако неясно, сколько планет было им известно.

Северную часть Нижней Месопотамии с давних времён населяли восточные семиты. Постепенно они стали принимать всё большее участие в делах шумерских городов. В XXIV в. до н. э. к власти в одной из областей в результате переворота пришёл семит незнатного происхождения — Саргон Древний. Он основал город Аккад, ставший столицей одноимённого государства. Аккадцы не разрушили, а усвоили и развили шумерскую культуру, приспособив к своему языку и клинопись. Со временем шумерский язык в Месопотамии вышел из употребления и сменился аккадским.

• • •

В начале II тысячелетия до н. э. в среднем течении Евфрата возвысился город Вавилон, бывший до того незаметным селением. Наивысшего расцвета он достиг при царе Хаммурапи. К этому периоду, называемому старовавилонским, относятся первые дошедшие до нас собственно астрономические тексты. Они содержат результаты наблюдений видимости Венеры, проводившихся в течение 21 года. Иногда очевидны их астрологические цели. В одном из них, в частности, говорится: «Если в месяце нисану во 2-й день Венера взошла на востоке, в стране будет нужда... Три месяца она отсутствует на небе. Седьмого аддару Венера появится на западе, и один царь проявит враждебность к другому». Солнце (Шамаш) и Луна (Син) «отвечали» за погоду и календарь, а Венера (Иштар) — за плодородие и войны. Поэтому и нужно было изучать «нрав» планеты.

• • •

Около 1600 г. до н. э. Вавилон завоевали пришельцы с востока — касситы. Их правление продолжалось около 500 лет. От этого периода, получившего название «касситский», сохранилась серия астрологических текстов «Энума Ану Энлиль», в которых содержится около 7 тыс. предсказаний. Предсказания касались в основном обстоятельств жизни царя, его семьи и страны в целом. Судеб простых людей они не затрагивали.

Тогда уже были известны пять планет, и тщательно наблюдались элементы их причудливых движений. К концу II тысячелетия до н. э. большинство ярких звёзд уже были объединены в созвездия, число которых приближалось к 70. Месопотамские созвездия частично совпадают с современными. Так, среди них были созвездия Близнецов, Рака, Льва, Весов, Скорпиона и др. Существовали и различия. Например, на месте Большой Медведицы месопотамские наблюдатели выделяли созвездие Колесницы, на месте Овна — Наёмного Работника, на месте Рыб — Большой Ласточки.

Особое значение придавалось наблюдениям гелиакических восходов звёзд, т. е. дней года, когда звезда или созвездие впервые становятся видны на востоке перед восходом Солнца.



Были разработаны даже особые звёздные календари, в которых каждому месяцу ставилось в соответствие по три созвездия, чьи гелиакические восходы приходились на этот месяц.

* * *

Расцвет месопотамской астрономии приходится на I тысячелетие до н. э. В то время в Месопотамии происходили крупные политические и культурные изменения. Усилилась и превратилась в мощное государство Ассирия, ослабив влияние Вавилона. Затем в 612 г. до н. э. столицу Ассирии Ниневию разрушили союзные войска мидийцев и вавилонян. Среди развалин дворца последнего ассирийского царя Ашшурбанипала археологи нашли библиотеку, в которой среди множества глиняных «книг» оказались и тексты ассирийских жрецов-астрономов. К середине I тысячелетия до н. э. аккадский язык был вытеснен арамейским.

К ассирийскому периоду относится создание серии клинописных текстов «Муль Апин» (Звезда Плуг). В них подводятся итоги всему предшествующему развитию астрономии. Помимо каталога созвездий и звёзд и списка дат их утренних восходов здесь есть список последовательных кульминаций некоторых звёзд и список «созвездий на пути Луны», включавший 18 созвездий, — прообраз современного Зодиака. Солнечный год подразделяется на четыре сезона. При этом утверждается, что Солнце за год проходит через те же созвездия, что и Луна за месяц. В состав «Муль Апин» входят также таблицы для определения времени днём по измерению длины тени гномона.

При последних ассирийских царях, правивших в VIII—VII вв. до н. э., астрология и астрономия относились к числу важных государственных занятий. Месопотамия была покрыта сетью храмов, где проводились астрономические наблюдения. О результатах наблюдений регулярно докладывали царю. До нашего времени дошло около 600 подобных сообщений из библиотеки Ашшурбанипала. Как и в предыдущие времена, особое внимание привлекали наблюдения затмений Солнца и Луны, которые считались дурными предзнаменованиями.

С середины VIII в. до н. э. астрономы начали фиксировать даты наблюдавшихся лунных затмений в особых списках. Именно знание моментов древних затмений позволило Гиппарху, Птолемею и Копернику с большой точностью вычислить длину года. Год восшествия на престол вавилонского царя Навуходоносора Клавдий Птолемей выбрал в качестве начальной точки своего астрономического календаря, потому что, как он пишет: «...это эпоха, начиная с которой древние наблюдения в целом сохранились вплоть до настоящего времени».



Зодиакальный круг ассирийцев.

Традиция наблюдений и составления «дневников наблюдений» сохранялась вплоть до I в. до н. э. Кроме лунных затмений в «дневниках» систематически отмечали новолуния и полнолуния, положение Луны относительно звёзд, перемещения планет относительно Солнца и звёзд. Регулярно отмечались и даты равноденствий и солнцестояний, а также появления комет, падения метеоритов. Наблюдения месопотамских астрономов частично сохранили свою научную значимость и в настоящее время.

Об использовании месопотамскими астрономами каких-либо угломерных приспособлений сведений нет. Малая точность их наблюдений говорит в пользу того, что они доверяли глазомерным наблюдениям, определяя расстояния между светилом и «опорными» звёздами. Их главным астрономическим инструментом были водяные часы. Месопотамские астрономы делили сутки на 12 часов, называвшихся «беру», а каждый час делился на 30 «градусов времени» («уш»). Один градус времени содержал ровно четыре наши минуты. С такой точностью астрономы и могли фиксировать время ночью.



ИНКИ НА МЛЕЧНОМ ПУТИ

Наиболее важным небесным объектом легендарные инки, которые проживали в гористых районах Перу, Чили и Эквадора в XII — начале XVI вв., считали Млечный Путь — Майя (Небесную Реку). Именно на нём, по их представлениям, расположены все более или менее значимые объекты небосвода. Небесная Река продолжалась на земле в виде Вильканоты — земной реки, текущей близ столицы инков, города Куско.

На Млечном Пути инки выделяли не столько созвездия, сколько пятна межзвёздной пыли — угольные мешки, виднеющиеся на нём тёмными силуэтами. Эти «чёрные созвездия» носят названия животных. Поднимаясь из-за горизонта, они как бы преследуют друг друга. А вот эклиптика и зодиак древнеперуанским астрономам, видимо, известны не были.

Солнце было главным объектом поклонения инков: с ним олицетворялся верховный правитель их государства — Великий Инка.

В древнем Куско на гребне горы стояли каменные столбы, позднее разрушенные конкистадорами. Их было 8, а может быть, даже 16. Одна половина возвышалась над западной, а другая половина — над восточной частью города. По этим столбам, ведя наблюдения из главного храма города, жрецы наблюдали точки восхода и захода Солнца в дни равноденствия и солнцестояния.

У инков был ещё один тип «обсерваторий» — интиуатана, т. е. «место, где прикреплено, привязано Солнце», или «солнечный причал». Интиуатаны высекались в скалах. Посреди «причала» располагался каменный столбик — гномон. По его тени можно было определить, «который час». Дважды в году (когда Солнце оказывалось в полдень точно в зените) этот столбик совсем не отбрасывал тени и мог служить своеобразным календарём.

Кроме 12 месяцев по 30 дней в году инков были ещё 5 (а в високосный год — 6) заключительных дней, отводимых на праздники.

Астрономическая система древних перуанцев служила своим создателям не хуже астрономии майя или египтян. Как и повсюду в древности, она определяла, например, сроки полевых работ. Время их начала и завершения указывалось жрецами с точностью до дня. А важнейших сельскохозяйственных работ здесь насчитывалось не менее 18 видов (!). Продолжались они от полутора-двух недель до двух с половиной месяцев и охватывали весь год.



Календарь и узелковые счёты с бахромой древних инков.

После падения Ассирии наступил продолжавшийся 90 лет период возвышения Вавилона, пока в 539 г. до н. э. Кир Великий не включил Вавилонское царство в состав Персидского. В IV в. до н. э. Вавилон стал столицей недолговечной империи Александра Македонского, а после её распада находился под властью правителей из династии Селевкидов. Но, несмотря на исторические потрясения, месопотамская астрономия просуществовала до рубежа новой эры.

Самым выдающимся достижением месопотамской астрономии нововавилонского периода стало развитие математической теории, позволившей предвычислять движение Луны и планет с точностью, достаточной при проведении наблюдений невооружённым глазом. Культ небесного бога Ахурамазды, пришедший вместе с персидским завоеванием, стимулировал развитие астрологии и астрономических исследований.

Важнейшим астрономическим новшеством того времени стало введение эклиптики: большого круга в зодиакальном поясе, разделённого на 12 равных частей по 30° каждый. Этот круг служил математической шкалой для определения положений Солнца, Луны и планет. Каждая из этих частей, *знаков зодиака*, называлась именем соответствующего созвездия.

Приблизительно тогда же был открыт 19-летний календарный цикл, регулирующий вставки дополнительного лунного месяца. В Месопотамии ещё со времён шумеров использовался лунно-солнечный календарь. Месяц из 29 или 30 дней начинался вечером с появлением серпа молодой Луны. Год начинался весной и содер-





Культ Солнца в Древнем Вавилоне.

жал 12 или 13 лунных месяцев. Дополнительный месяц вводился, чтобы связать начало года с временем созревания ячменя, что было важно и для соблюдения религиозных праздников. 19-летний цикл предусматривал добавление в определённом порядке семи тринадцатых месяцев на протяжении 19 лет, причём к началу очередного цикла Луна оказывалась в той же фазе. В Европе этот цикл называется *метоновым*, поскольку был предложен афинским астрономом Метоном в 433 г. до н. э., возможно не без влияния Вавилона.

В ту же эпоху на основе многолетних наблюдений был открыт *сáрос* (*греч.* «повторение») — 18-летний период повторяемости лунных затмений. Это позволило сделать первые успешные предсказания лунных затмений. Были найдены и периодические закономерности движения планет.

Есть основания полагать, что к концу IV в. до н. э. теории движения Луны и планет уже были завершены.

КАЛЕНДАРЬ КРОВАВЫХ АЦТЕКОВ

Обитавшие в Центральной Мексике с XII по начало XVI в. воинственные ацтеки за свою агрессивную внешнюю политику были прозваны «римлянами» Нового Света. Но и они особое внимание уделяли наукам, в том числе астрономии.

Для нужд земледелия ацтеки, используя полученные от предшественников знания, выработали точную календарную систему. В её основе лежал 52-летний лунно-солнечный цикл (нечто вроде нашего понятия «век»). В конце цикла, по их представлениям, могла произойти мировая катастрофа (солнечное затмение?) уничтожающая всё живое. Чтобы этого не случилось, необычайно торжественно, с принесением человеческих жертв, проводился обряд Нового Огня. В последние пять «несчастных» дней 52-го года цикла ацтеки запирались в домах, гасили все огни и ждали рассвета первого дня нового цикла, чтобы зажечь Новый Огонь. Женщинам и детям категорически запрещалось выходить в эти дни из дома, чтобы их не похитили злые духи.

Ацтекский год делился на 18 месяцев по 20 дней. В конце года к ним прибавлялись уже упоминавшиеся «несчастные» дни. Не только каждый месяц, но и каждый день имел своё название: первый день — «аллигатор», второй — «ветер», третий — «дом» и т. д. Помимо этого, у ацтеков существовали названия для каждого часа дня и ночи. Они были связаны с именами богов.

В 1790 г. в г. Мехико было найдено изображение календаря ацтеков в виде «Солнечного камня» — базальтового диска диаметром 3,7 м и весом 24 т. Камень покрыт пиктографическими знаками-рисунками, обозначающими 20 ацтекских дней, четыре эры (солнца) и двух бирюзовых змеев — символов древнего неба. «Солнечный камень» избрали символом Олимпийских игр, проходивших в Мехико в 1968 г.



«Солнечный камень».



ЖРЕЦЫ-АСТРОНОМЫ МАЙЯ

Подлинными интеллектуалами доколумбовой Америки принято считать древних индейцев племени майя — «греков» Нового Света, обитавших в Центральной Америке на полуострове Юкатан. Самые ранние сведения о них относятся к 1000 г. до н. э.

Жрецы-астрономы майя всю жизнь проводили в наблюдениях за небесными светилами из своих монументальных каменных обсерваторий — караколей (раковин), расположенных в городах-государствах Тикале, Копане, Паленке, Чичен-Ице и др. Они знали пять планет. У них были свои созвездия. От жрецов шли указания о начале тех или иных сельскохозяйственных работ.

Для подсечно-огневого земледелия майя знания эти были крайне необходимы. В строго определённый день, указанный жрецами, в густом тропическом лесу индейцы каменными топорами подрубали деревья или кольцеобразно сдирали с них кору. Когда загубленные деревья высыхали, их выжигали. Сделать это нужно было в самом конце сухого периода и без затяжек, чтобы не помешали продолжающиеся здесь пять—шесть месяцев подряд тропические ливни. Затем образовавшиеся поля засевали семенами различных растений. Ошибка в несколько дней могла стать роковой для всего цикла работ.

Среди типичных обсерваторий майя особо выделялась своими размерами караколь Чичен-Ицы в виде башни, поставленной на двухступенчатой прямоугольной платформе. Её небольшие окна смотрят на точки восхода и захода Солнца и Луны в дни весеннего и осеннего равноденствий, летнего и зимнего солнцестояний.

Календарь майя состоял из 13-дневной недели, 20-дневного месяца и 365- или 366-дневного года. Он был самым точным календарём из всех существовавших. Лишние сутки набежали бы в нём по сравнению с истинным годом только по прошествии 10 тыс. лет. Для сравнения: календарь Юлия Цезаря давал ошибку в сутки за 128 лет, наш современный — за 3 тыс. лет, календарь Омара Хайяма (XII в.) — за 8 тыс. лет.

Однако в календаре важна не только точность, но и простота счёта високосных годов. У майя был сплошной календарь.

О хозяйственной направленности астрономической науки майя говорят и названия их месяцев, например «сбор» (уборка урожая кукурузы), «олень» (начало сезона охоты), «облачный» (наступление сезона дождей) и т. д. Названия дней не были связаны с каким-либо видом работ. Это плод жреческой фантазии: «киб» (воск), «кавак» (буря), «ахав» (владыка).

Жрецы майя даже умели рассчитывать наступления солнечных и лунных затмений. Делая вид, что они могут их контролировать, жрецы использовали свои знания, чтобы держать народ в страхе и повиновении. Астрономия в их руках была инструментом власти.



Древняя астрономическая обсерватория майя.







Пещеры, которые майя использовали для наблюдений положений Солнца.
Солнечный луч проникает в наблюдательную камеру только в определённые дни.



Поклонение небу у древних майя.



КИТАЙСКАЯ АСТРОНОМИЯ

О древней китайской астрономии в Европе почти ничего не знали, как не знали и о самой стране, лежащей где-то на Дальнем Востоке. Да и сами китайцы о других странах знали мало, им казалось, что их страна лежит в центре мира. Свою страну они так и называли — Срединное государство (Чжун Го).

В представлении китайцев Небо и Земля были тесно связаны. Небом правит Бог, а страной — император (Сын Неба). Поэтому страна звалась ещё Поднебесной (Тянься). Если на Небе что-то не так, значит, и на Земле будет какой-то беспорядок. Отсюда следовало, что за движением небесных светил надо следить и вовремя докладывать императору. Придворные астрономы должны были вести наблюдения и предупреждать о необычных явлениях. Нерадивость наказывалась. Известен случай с астрономами Хи и Хо. Они якобы вели беспечную жизнь и не сумели предсказать солнечное затмение. За это их обезглавили. По другим источникам, всё было иначе. Астрономов звали Си и Хэ, и участвовали они в гражданской войне, за что их казнили. А обвинили астрономов в том, что они запустили календарь и «прозевали» затмение. Речь шла о затмении 22 октября 2137 г. до н. э. Вряд ли в те времена было возможно точно предсказать затмение.

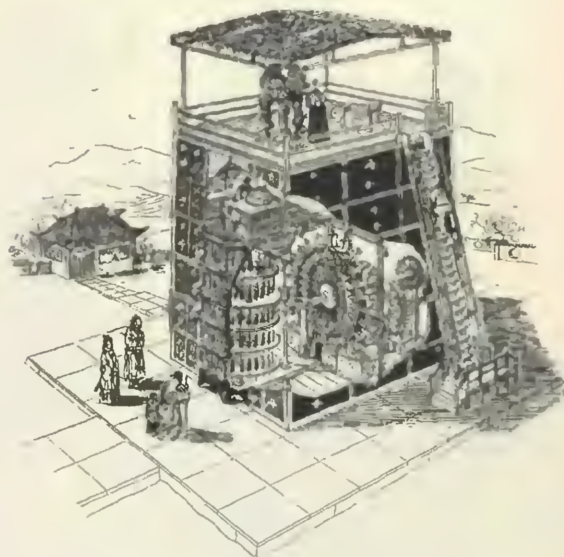
Самым важным достижением древней китайской астрономии было создание календаря. Первые упоминания о нём относятся к III тысячелетию до н. э. Сначала календарь был лунный. За 600 лет до н. э. был введён солнечно-лунный календарь. К 350 г. до н. э. учёным стало известно, что продолжительность солнечного года составляет 365,25 суток, а лунного месяца — 29,5 суток. Для сельских работ использовался солнечный календарь. В быту же применялся *циклический* календарь. В нём годы объединены в *циклы* по 60 лет. Знаки 12 животных служили для обозначения «земных ветвей» цикла. Этот календарь и сейчас используется в Восточной и Юго-Восточной Азии. Он учитывает полный оборот Юпитера по небесной сфере примерно за 12 лет (11,86). За основу более значительного цикла принято 60 лет, т. е. приблизительно два оборота по небесной сфере Сатурна (29,58 года). За это время Юпитер совершает около 5 оборотов. В 60-летнем цикле каждое животное встречается 5 раз (раз в 12 лет), а для различия годов служит цветовая символика. Новый год приходится на январское или февральское новолуние (в промежутке от 21 января до 20 февраля). Циклический календарь существует свыше 2600 лет — это самая древняя в мире система летосчисления.

Развитие календаря связано с выдающимся астрономом Чжан Хэном (78—139). Ему также принадлежит труд «Строение Вселенной», где говорится, что только в северном полушарии неба находится 2500 звёзд, расположенных в 124 созвездиях. Чжан Хэн создал армиллярную сферу, с помощью которой определялись экваториальные координаты светил. Самый древний каталог звёзд относится к 360 г. до н. э. Его составил Ши Шень. В списке 122 созвездия с 809 звёздами. К сожалению, на звёздных картах все звёзды показаны одинаковыми точками независимо от их блеска, и их трудно отождествить.

В Древнем Китае было много изобретений, среди них — гномон, компас, солнечные и водяные часы и др. Гномон использовался для определения наклона экватора к эклиптике.

Ценными для науки оказались китайские летописи, в которых сообщалось о солнечных и лунных затмениях, появлении комет, вспышках новых звёзд, солнечных пятнах и т. д. Например, в 1302 г. до н. э. описано наблюдение протуберанцев во время солнечного затмения. Или отмечено появление комет в 989, 1066, 1145 и 1301 гг. (это была комета Галлея, как выяснилось позднее). Наконец, наблюдалась вспышка сверхновой звезды в Тельце в 1054 г. Описание этого явления, породившего Крабовидную туманность, найдено только в китайских летописях: звезда-«гостья» появилась в июне 1054 г. Она была видна даже днём и исчезла через два года — в 1056 г. Наблюдались вспышки и других звёзд. Нужно отметить, что в тот период, кроме китайцев, никто не вёл астрономические наблюдения.

В Средние века и позднее китайская астрономия начала испытывать влияние европейской цивилизации. Она перестала быть изолированной.



Модель небесной сферы «Тянь хэн». Прибор состоял из часов, небесного глобуса и армиллярной сферы, с помощью которой определялись координаты Солнца, Луны, пяти планет и звёзд.



Их основой были вычислительные методы с использованием арифметических прогрессий. Однако почти ничего не известно о создателях этих теорий. Греческий географ Страбон, живший на рубеже новой эры, приводит имена знаменитых месопотамских астрономов — Кидинну, Габуриана и Селевка из города Селевкии. Первые два имени встречаются и в клинописных источниках.

Самый поздний клинописный текст астрономического содержания датируется 75 г. н. э. — временем, когда месопотамская цивилизация уже находилась в глубоком упадке. Однако достижения её астрономии стали достоянием учёных античного мира и сыграли важную роль в истории этой науки. Лунная теория Гиппарха, например, базировалась в значительной мере на вавилонских данных. Система античных созвездий вобрала многие из известных в Месопотамии. И сейчас мы всё ещё продолжаем делить большие круги небесной сферы на 360°, как это делали астрономы древнего Междуречья.

АНТИЧНАЯ АСТРОНОМИЯ

Античная астрономия занимает в истории науки особое место. Именно в Древней Греции были заложены основы современного научного мышления. За семь с половиной столетий от Фалеса и Анаксимандра, сделавших первые шаги в осмыслении Вселенной, до Клавдия Птолемея, создавшего математическую теорию движения светил, античные учёные прошли огромный путь, на котором у них не было предшественников. Астрономы античности использовали данные, полученные задолго до них в Вавилоне. Однако для их обработки они создали совершенно новые математические методы, которые были взяты на вооружение средневековыми арабскими, а позднее и европейскими астрономами.

ВСЕЛЕННАЯ В ТРАДИЦИОННОЙ ГРЕЧЕСКОЙ МИФОЛОГИИ

Как представляли себе мир греки в VIII в. до н. э., можно судить по поэме фиванского поэта Гесиода «Теогония» (О происхождении богов). Рассказ о возникновении мира он начинает так:

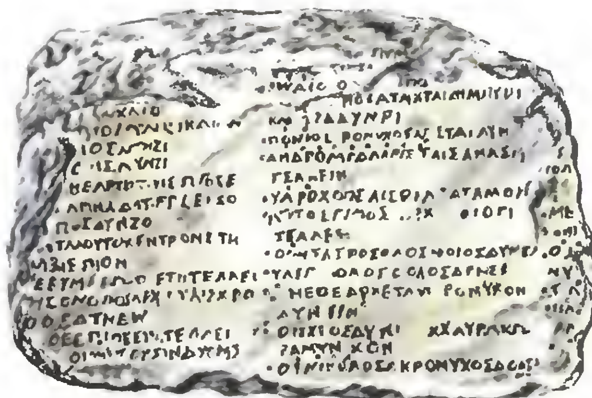
Прежде всего во вселенной
Хаос зародился, а следом
Широкогрудая Гея, всеобщий приют
безопасный...
Гея — Земля — родила себе
равное ширью
Звёздное небо, Урана, чтоб точно
покрыл её всюду.

Небо утверждено на плоской Земле. На чём же тогда держится сама Земля? А ни на чём. Оказывается, под ней простирается огромное пустое пространство — Тартар, ставший тюрьмой для титанов, побеждённых богами.



Металлический глобус звёздного неба.





Календарь Метона на обломке каменной колонны.

Подземь их сбросили столь глубоко,
сколь далёко до неба,
Ибо настолько от нас отстоит
многосумрачный Тартар.
Если бы, медную взяв наковальню,
метнуть её с неба,
В девять дней и ночей до земли бы
она долетела,
Если бы, медную взяв наковальню,
с земли её сбросить,
В девять дней и ночей долетела б
до Тартара тяжесть.

В представлениях древних греков Вселенная разделялась Землёй на светлую и тёмную части: верхняя была небом, а в нижней царил Эреб — подземный мрак. Считалось, что туда не заглядывает Солнце. Днём оно объезжает небо на колеснице, а ночью плывёт в золотой чаше по окружающему Землю океану к месту восхода. Конечно, такая картина мира не слишком подходила для объяснения движений небесных светил; впрочем, она для этого и не предназначалась.

КАЛЕНДАРЬ И ЗВЁЗДЫ

В Древней Греции, как и в странах Востока, в качестве религиозного и гражданского использовался *лунно-солнечный* календарь. В нём начало каждого календарного месяца должно было располагаться как можно ближе к новолунию, а средняя продолжительность календарного года — по возможности соответствовать промежутку времени между весенними равноденствиями («тропический год», как его называют сегодня). При этом месяцы по 30 и 29 дней чередовались. Но 12 лунных месяцев примерно на треть месяца короче года. Поэтому, чтобы выполнить второе требование, время от времени приходилось прибегать к *интеркаляциям* — добавлять в отдельные годы дополнительный, тринадцатый, месяц.

Вставки делались нерегулярно правительством каждого полиса — города-государства. Для этого назначались специальные лица, которые следили за величиной отставания календарного года от солнечного. В разделённой на мелкие государства Греции календари имели местное значение — одних названий месяцев в греческом мире существовало около 400. Математик и музыковед Аристоксен (354—300 до н. э.) писал о календарном беспорядке: «Десятый день месяца у коринфян — это пятый у афинян и восьмой у кого-нибудь ещё».

Простой и точный, 19-летний цикл, использовавшийся ещё в Вавилоне, предложил в 433 г. до н. э. афинский астроном Метон. Этот цикл предусматривал вставку семи дополнительных месяцев за 19 лет; его ошибка не превышала двух часов за один цикл.

Земледельцы, связанные с сезонными работами, издревле пользовались ещё и *звёздным календарём*, который не зависел от сложных движений Солнца и Луны. Гесиод в поэме «Труды и дни», указывая своему брату Персу время проведения сельскохозяйственных работ, отмечает их не по лунно-солнечному календарю, а по звёздам:

Лишь на востоке начнут восходить
Атлантиды Плеяды,
Жать поспешай, а начнут
заходить — за сев принимайся...
Вот высоко средь неба уж Сириус
встал с Орионом,
Уж начинает Заря розоперстая
видеть Арктура,
Режь, о Перс, и домой уноси
виноградные грозды.



Таким образом, хорошее знание звёздного неба, которым в современном мире мало кто может похвастаться, древним грекам было необходимо и, очевидно, широко распространено. По-видимому, этой науке детей учили в семьях с раннего возраста.

Лунно-солнечный календарь использовался и в Риме. Но здесь царил ещё больший «календарный произвол». Длина и начало года зависели от понтификов (от *лат.* pontifices), римских жрецов, которые нередко пользовались своим правом в корыстных целях. Такое положение не могло удовлетворить огромную империю, в которую стремительно превращалось Римское государство. В 46 г. до н. э. Юлий Цезарь (100—44 до н. э.), исполнявший обязанности не только главы государства, но и верховного жреца, провёл календарную реформу. Новый календарь по его поручению разработал александрийский математик и астроном Созиген, по происхождению грек. За основу он взял египетский, чисто солнечный, календарь. Отказ от учёта лунных фаз позволил сделать календарь достаточно простым и точным. Этот календарь, названный *юлианским*, использовался в христианском мире до введения в католических странах в XVI в. уточнённого григорианского календаря.

Летосчисление по юлианскому календарю началось в 45 г. до н. э. На 1 января перенесли начало года (раньше первым месяцем был март). В благодарность за введение календаря сенат постановил переименовать месяц квинтилис (пятый), в котором родился Цезарь, в юлиус — наш июль. В 8 г. н. э. в честь следующего императора, Октавиана Августа, месяц секстилис (шестой), был переименован в августус. Когда Тиберию, третьему принцепсу (императору), сенаторы предложили назвать его именем месяц септембр (седьмой), он будто бы отказался, ответив: «А что будет делать тринадцатый принцепс?».



Созиген показывает Юлию Цезарю новый календарь.



◄ Юлианский календарь на каменной колонне.



Новый календарь оказался чисто гражданским, религиозные праздники в силу традиции по-прежнему справлялись в соответствии с фазами Луны. И в настоящее время праздник Пасхи согласовывается с лунным календарём, причём для расчёта его даты используется цикл, предложенный ещё Метоном.

ФАЛЕС И ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАТМЕНИЯ

Фале́с (конец VII — середина VI в. до н. э.) жил в греческом торговом городе Милете, расположенном в Малой Азии. С античных времён историки называют Фалеса «отцом философии». К сожалению, его сочинения до нас не дошли. Известно лишь, что он стремился найти естественные причины явлений, считал началом всего воду и сравнивал Землю с куском дерева, плавающим в воде.

Геродот, рассказывая о войне восточных государств Лидии и Мидии, сообщал: «Так с переменным успехом продолжалась эта война, и на шестой год во время одной битвы день превратился в ночь. Это солнечное затмение предсказал ионянам Фалес Милетский и даже точно определил заранее год, в который оно наступит. Когда лидийцы и мидяне увидели, что день обратился в ночь, то... поспешно заключили мир».

Это затмение, согласно современным расчётам, произошло 28 мая

ФАЛЕС МИЛЕТСКИЙ — ПЕРВЫЙ ЕВРОПЕЙСКИЙ АСТРОНОМ

Первый, кто ввёл применение теоретического разума и с кого начались первые шаги человеческого рассудка к научной культуре, был Фалес.

Иммануил Кант

Эллины почитали Фалеса мудрейшим из семи греческих мудрецов. Его «акмэ» (40-летие, расцвет духовных сил) пришлось на 585 г. до н. э. Книги Фалеса не сохранились, но, по свидетельству историка науки Диогена Лаэртского, «он первым открыл время движения Солнца от солнцеворота до солнцеворота (продолжительность времён года) и первым подсчитал, что видимые диаметры Солнца и Луны составляют 1/720 окружности (0,5°). Он первым назвал последний день месяца тридцатым и первым стал рассуждать о природе».

Свидетельствуют учёные Греции и Рима.

Платон:

— Рассказывают, что Фалес, наблюдая звёзды и глядя наверх, упал в колодец, а какая-то фракиянка — хорошенькая и остроумная служанка — подняла его на смех: он, мол, желает знать то, что на небе, а того, что перед ним и под ногами, не замечает.

Ипполит:

— Фалес говорил, что начало и конец Вселенной — вода. Ибо всё образуется из воды путём её затвердевания, а также испарения. Всё плавает по воде, отчего происходят землетрясения, вихри и движение звёзд. Богом он считал «то, у чего нет ни начала, ни конца».

Плутарх:

— Мудрейшие из эллинов — Фалес, Платон, Евдокс и Пифагор — ездили в Египет и учились у жрецов. Фалес привёл фараона Амасиса в непомерный восторг тем, как измерил пирамиду без малейшего труда и не нуждаясь ни в каких инструментах. Он просто установил палку на край тени, которую отбрасывала пирамида. Касанием луча света вершин пирамиды и палки получилось два треугольника, и он наглядно показал, что пирамида относится к палке так же, как тень к тени.

Евдем:

— Теорему: «Два треугольника равны, если два угла и сторона одного из них равна двум углам и стороне другого», эту теорему до Евклида, вероятно, знал Фалес. Ведь для того чтобы найти расстояние от берега до находящегося в море корабля тем способом, который предание приписывает Фалесу, необходимо использовать эту теорему.

Стобей:

— Фалес утверждал, что Луна состоит из земли. Звёзды состоят из земли, но при этом раскалены.

Цицерон:

— Затмения Солнца происходят вследствие покрытия его Луной. Таким образом, затмение Солнца может происходить только в новолуние, хотя и не во всякое новолуние. Говорят, что впервые это понял Фалес Милетский.

Плиний Старший:

— У греков первым исследовал причину затмения Фалес Милетский, в четвёртый год 48-й олимпиады предсказав затмение Солнца (затмение 28 мая 585 г. до н. э. — *Прим. ред.*).

Гигин:

— Почему Полярная называется Финикийской звездой? Дело в том, что Фалес первым показал, что Полярная звезда и Малая Медведица — более точные указатели севера, чем Большая. А Фалес был родом финикиец, как говорит Геродот.





◂ Каждое утро бог Солнца Гелиос в золотой колеснице поднимается из восточного моря и совершает свой путь по небу над плоским диском Земли.

585 г. до н. э. Чтобы установить периодичность затмений, вавилонским астрологам потребовалось не одно столетие. Вряд ли Фалес мог обладать достаточными данными, чтобы сделать предсказание самостоятельно.

Ещё бо́льшую пользу астрономии Фалес принёс как математик. По-видимому, он первым пришёл к мысли о необходимости поиска математических доказательств. Он, например, доказывал теорему о равенстве углов при основании равнобедренного треугольника, т. е. вещи, на первый взгляд очевидные. Ему важен был не сам результат, а принцип логического построения. Для астрономии весьма существенно и то, что Фалес стал основоположником геометрического изучения углов.

Фалес мог бы первым сказать: «Не знающий математики да не входит в храм астрономии».

АНАКСИМАНДР

Анаксимандр Милетский (около 610 — после 547 до н. э.) был учеником и родственником Фалеса. Как и его учитель, он занимался не только науками, но также делами общественными и торговыми. Его книги «О природе» и «Сферы» не сохранились, и об их содержании мы знаем по пересказам читавших. Мир Анаксимандра необычен. Небесные светила учёный считал не отдельными телами, а окошками в непрозрачных оболочках, скрывающих огонь. Земля, по его мысли, имела вид части колонны, на поверхности которой, плоской или круглой, живут люди. Она парит в центре мира, ни на что не опираясь. Окружают Землю исполинские трубчатые кольца-то́ры, наполненные огнём. В самом близком кольце, где огня немного, имеются небольшие отверстия — планеты. Во втором кольце с более сильным огнём находится одно большое отверстие — Луна. Оно может частично или полностью перекрываться (так философ объяснял смену лунных фаз и затмения светила). Гигантское отверстие размером с Землю есть и в третьем, дальнем, кольце. Сквозь него сияет самый сильный огонь — Солнце. Возможно, Вселенную Анаксимандра замыкала полная сфера с россыпью отверстий, через которые проглядывал огонь, окружавший её. Эти-то отверстия люди и называли «неподвижными звёздами». Неподвижны они, естественно, только относительно друг друга. Эта первая в истории астрономии геоцентрическая модель Вселенной с жёсткими орбитами светил, охватывающими Землю, позволяла понять геометрию движений Солнца, Луны и звёзд.

Анаксимандр стремился не только геометрически точно описать мир, но и понять его происхождение. Философ считал началом всего существующего апейрон — «беспредельное»: «некая природа бесконечного, из которой рождаются небосводы и находящиеся в них космосы». Вселенная, по Анаксимандру, развивается сама по себе, без вмешательства олимпийских богов.

Возникновение Вселенной философ представлял себе примерно так: апейрон порождает враждующие стихии — «горячее» и «холодное». Их материальное воплощение — огонь и вода. Противоборство стихий в возникшем космическом вихре привело к появлению и разделению веществ. В центре вихря оказалось «холодное» — Земля, окружённая водой и воздухом, а снаружи — огонь. Под действием огня верхние слои воздушной оболочки превратились в твёрдую кору. Эту сферу затвердевшего аэра (воздуха) стали распирать пары кипящего земного океана. Оболочка не выдержала и раздулась, «оторвалась», как сказано в одном из источников. При этом она

Старше всех вещей — Бог, ибо он не рождён.
Прекраснее всего — Космос, ибо он творение Бога.
Быстрее всего — Мысль, ибо она бежит без остановки.
Больше всего — Пространство, ибо оно вмещает всё.
Мудрее всего — Время, ибо оно обнаруживает всё.
Ищи одну Мудрость. Выбирай одно Благо.

(Фалес Милетский.)



должна была оттеснить основную массу огня за пределы нашего мира. Так возникла сфера неподвижных звёзд, а самими звёздами стали поры во внешней оболочке.

Заключительный штрих этой грандиозной картины — появление живых существ. Когда океан выкипел, обнажив сушу, они возникли «из нагретой воды с землёй» и «были рождены во влаге, заключённые внутрь илистой скорлупы», т. е. естественное развитие, по Анаксимандру, включало не только возникновение мира, но и самозарождение жизни.

Философ считал Вселенную подобной живому существу. В отличие от нестареющего времени она рождалась, достигала зрелости, старела и должна была погибнуть, чтобы возродиться вновь: «...совершается гибель миров, а намного раньше их рождение, причём испокон бесконечного веку повторяется по кругу всё одно и то же». Итак, Анаксимандр оставил нам первую систему мира — (модель Вселенной), первую космологическую картину мира (с чего всё началось) и первую космогоническую гипотезу (как всё стало таким, как оно есть).

АНАКСАГОР. «МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ КОСМОС»

Пусть в месяц моей смерти детей ежегодно отпускают на каникулы.

Анаксагор. Завещание



Анаксагор (около 500—428 до н. э.) из Клазомен, города, стоявшего недалеко от Милета, был знаком с учениями его философов. Учитель Перикла и Еврипида, он бóльшую часть жизни провёл в Афинах. Как-то, упрекая Анаксагора за аполитичность, какой-то философ сказал: «Тебе, видно, до родины нет дела». «Типун тебе на язык! — ответил Анаксагор. — Я только о родине и думаю!» И указал перстом на небо. В отличие от Фалеса, полагавшего началом всего воду, или Анаксимандра, который ввёл апейрон, Анаксагор считал началом Вселенной некую первичную смесь «семян» всех веществ. Эта смесь, заполнявшая бесконечное пространство, мирно покоилась. Но вот в какой-то её части образовался стремительный вихрь. Причиной его появления философ называл нус (разум) — не самостоятельное божество, а некое организующее начало, которое «содержит полное знание обо всём и имеет величайшую силу». Дальнейшее развитие Вселенной представлялось Анаксагору так: «Это вращение началось с малого, сейчас оно охватывает больше пространства, а в будущем охватит ещё больше».

Первоначальное вращение было очень быстрым. В вовлечённой в вихрь области из первичной смеси выделились отдельные вещества. Из них плотные сошлись к середине вихря, и там возникла плоская круглая Земля. Более лёгкие — холодный воздух и горячий тонкий эфир — были отброшены наружу. На определённой стадии развития мира от краёв Земли оторвались крупные куски, которые позднее стали небесными телами. Постепенно движение уходило от центра вихря к его краям. Земля остановилась, а небо продолжало вращаться, причём в какой-то момент оно «наклонилось».

Это важная деталь. Действительно, вокруг строго вертикальной оси небо вращается только на полюсе, а в Греции ось мира заметно наклонена: в Афинах на 38° к плоскости горизонта. Поэтому система мира с плоской вертящейся Землёй, где её движением объяснялось бы видимое вращение неба, невозможна.

Анаксагор считал, что светила проходят под Землёй, и уже знал причины солнечных и лунных затмений. Но «повороты» Солнца, т. е. изменения его высоты над горизонтом после летнего и зимнего солнцестояний, философ объяснял влиянием потепления или остывания воздуха.

Вселенная Анаксагора — это расширяющийся сферический пузырь, в середине которого, опираясь на воздух, лежит земной диск. Вокруг Земли кружится эфирный вихрь, несущий Солнце — «раскалённую металличе-





скую глыбу или камень размером во много раз больше Пелопоннеса» — и Луну, на которой есть поселения, равно как холмы и овраги. Несёт вихрь и звёзды — более мелкие, чем Солнце, раскалённые камни.

В 466 г. до н. э., когда Анаксагору было 34 года, во Фракии у реки Эгоспотамы упал крупный метеорит. Некоторые античные авторы сообщают, что его падение с точностью до дня предсказал Анаксагор. Это, разумеется, легенда, но она имела под собой основу. Ведь говорил же Анаксагор: «Если небо замедлит вращение, то все камни попадают». Это в каком-то смысле могло считаться предсказанием подобных событий. А может быть, наоборот, само падение метеорита навело учёного на эти мысли?

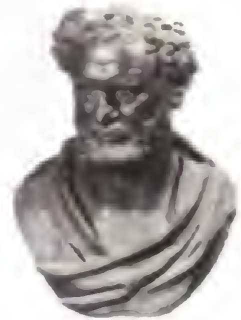


За богомерзкую «модель Солнца» Афины приговорили Анаксагора к смерти. «Народ Афин, можешь ли ты в чём-нибудь упрекнуть меня и мою жизнь?» — вступился Перикл. «Ни в чём», — ответил народ. «Анаксагор — мой учитель», — сказал Перикл. Анаксагора изгнали из Афин.

◂ Древнегреческий храм.

ДЕМОКРИТ. МНОЖЕСТВЕННОСТЬ МИРОВ

Одновременно с учением Анаксагора, предложившего гипотезу универсальной, бесконечно делимой материи, возникла противоположная теория вещества — атомистическая. Её сторонники считали, что кроме вещества существует небытие — бесконечная пустота, в которой движутся бесчисленные неделимые частицы — атомы. Они сталкиваются, соединяются в разных сочетаниях, образуют разнообразные вещества и вещи. Так рождаются и миры, которых в необъятной Вселенной должно быть бесконечное множество.



Демокрит.

Выходит, миры возникают случайно? Не совсем. Атомисты вслед за Эмпедоклом (около 490 — около 430 до н. э.) утверждали возможность появления порядка из беспорядка. Действительно, атомы сталкиваются в случайных сочетаниях, но из них только удачные оказываются устойчивыми. Они-то и накапливаются, взаимодействуют, образуют сложные соединения.

◂ Анаксагор с гномоном в руках.

Автор III в. н. э. Ипполит так описывает астрономические взгляды знаменитого философа-атомиста Демокрита (родился около 470 или 460 до н. э., прожил более 100 лет): «Он говорил... что миры бесчисленны и различны по величине. В одних нет ни Солнца, ни Луны, в других — Солнце и Луна больше, чем у нас, а в некоторых мирах их большее число. Расстояния между мирами неодинаковые; кроме того, в одном месте миров больше, в другом — меньше. Одни миры растут, другие достигли расцвета, третьи уже идут на убыль...



Уничтожаются же они, сталкиваясь друг с другом».

Атомисты решили для себя вопрос и о происхождении этих миров. Диоген Лаэртский так излагал взгляды Левкиппа — учителя Демокрита (атомы в этом тексте названы «телами»): «...несётся в великую пустоту множество разновидных тел; скапливаясь, они образуют единый вихрь, а в нём, сталкиваясь друг с другом и всячески кружась, разделяются по взаимному сходству... Лёгкие тела отлетают во внешнюю пустоту, словно распыляясь в ней, а остальные остаются вместе, сцепляются, сбиваются в общем беге и образуют... некоторое первоначальное соединение в виде шара. Оно в свою очередь отделяет от себя как бы оболочку, в которую входят разнообразные тела».

Эта «оболочка» растёт за счёт притока внешних лёгких атомов, под ней возникают и загораются светила. Земля же образуется и держится в самой середине вихря, она не вращается и имеет форму бубна. Хотя взгляды на природу вещества и способ образования миров у атомистов и Анаксагора различны, но предложенные ими миры всё-таки очень похожи. Оба мира содержат плоскую неподвижную Землю, окружённую оболочкой, внутри которой вращаются светила. Казалось бы, атомистам остался один шаг до того, чтобы счесть небо окном в бесконечный мир, а звёзды — солнцами далёких миров. Но они не сделали этого шага. Им помешало представление о цельной вращающейся звёздной сфере. Не был сделан и другой важный шаг — они не признали шарообразность Земли, о чём к тому времени уже писали Парменид и Эмпедокл.

Демокрит.



ТАЙНЫ ПИФАГОРА

О Пифагоре (VI в. до н. э.) сохранилось мало достоверных сведений. Известно, что родился он на острове Самос; вероятно, в молодости посетил Милет, где учился у Анаксимандра; может быть, совершил и более далёкие путешествия. Уже в зрелом возрасте философ переселился в город Кротон и основал нечто вроде религиозного ордена — Пифагорейское братство, которое распространило своё влияние на многие греческие города Южной Италии. Жизнь братства была окружена тайной. О его основателе Пифагоре ещё при жизни ходили легенды, которые, по-видимому, имели под собой какую-то основу: великий учёный был не менее великим политиком и провидцем.

Фундаментальное знание о природе, по мнению пифагорейцев, должно быть тайным. Приобщать к нему следует только тех, кто способен понять истину и оценить её величие. Науку нельзя выносить на площадь для пересудов.

Основой учения Пифагора была вера в переселение душ и гармоничное устройство мира. Он полагал, что душу очищают музыка и умственный труд, поэтому пифагорейцы считали обязательным совершенствование в «четырёх искусствах» — арифметике, музыке, геометрии и астрономии. Сам Пифагор является основоположником теории чисел, а доказанная им теорема известна сегодня каждому школьнику. И если Анаксагор и Демокрит в своих взглядах на мир развивали идею Анаксимандра о физических причинах природных явлений, то Пифагор разделял его убеждённость в математической гармонии космоса.

Пифагорейцы властвовали в греческих городах Италии несколько десятилетий, потом были разгромлены и отошли от политики. Однако многое из того, что вдохнул в них Пифагор, осталось жить и оказало огромное влияние на науку. Сейчас очень трудно отделить вклад самого Пифагора от достижений его последователей. В особенности это относится к астрономии, в которой пифагорейцами было выдвинуто несколько принципиальных идей. О них можно судить по дошедшим до нас скудным сведениям о представлениях поздних пифагорейцев и учениям философов, испытавших влияние идей Пифагора.







◄◄ Боэций, Пифагор и Аллегория арифметики.

▲ Рафаэль Санти. Афинская школа. Фрагмент фрески.

ПАРМЕНИД. ЗЕМЛЯ — ШАР!

Парменид (около 540—480 до н. э.) из италийского города Элеи, младший современник Пифагора, вошёл в историю как неординарный мыслитель, на многие века определивший облик и проблематику философии. Несомненно, он был знаком с учением Пифагора: в частности, есть сообщение о том, что он «примкнул к пифагорейцу Аминию».

Началами всего сущего Парменид вполне в духе Анаксимандра считал огонь и ночь. В понимании природы Солнца философ, видимо, также следовал Анаксимандру: в одном из сообщений говорится, что его «Солнце — отдушина огня». Но Луна у него заимствует свет у Солнца; значит, она должна быть отдельным небесным телом. Она «смешана из аэра (затвердевшего тёмного воздуха. — *Прим. ред.*) и огня». Но главное: в системе мира Парменида впервые упоминается шарообразная Земля.

Это означало грандиозный шаг вперёд в познании мира, уводило от мифа к реальности. В ту эпоху, как и много позже, у учёных не было наблюдательных данных, которые безусловно свидетельствовали бы о шарообразности планеты. Это видно хотя бы потому, что плоской её считал Демокрит, живший через сто лет после Парменида и, несомненно, знавший его поэму «О природе».

Нам, с детства знающим, что Земля — шар, трудно почувствовать всю силу этой догадки. Признание шарообразности Земли явилось грандиозным потрясением основ представлений о мире. Оно предполагало отказ от многовековых традиций, освящённых опытом поколений и религией. Ведь «вселенская вертикаль» незримо присутствовала всюду. В традиционной мифологии воображаемая наковальня, сброшенная Гесиодом с неба, летит оттуда вниз до самого дна мира — Тартара.

Был ли Парменид автором идеи шарообразной Земли? Различные источники по этому поводу называют имена и Парменида, и Пифагора. Предпочтение, видимо, надо отдать Пифагору, и вот почему. Во-первых, у Парменида это утверждение содержится в той части его поэмы «О природе», где излагаются «мнения смертных», а не собственные идеи. Во-вторых, он занимался более общими проблемами и вряд ли стал бы производить «революцию» в астрономии. У Пифагора, напротив, причины для этого имелись.



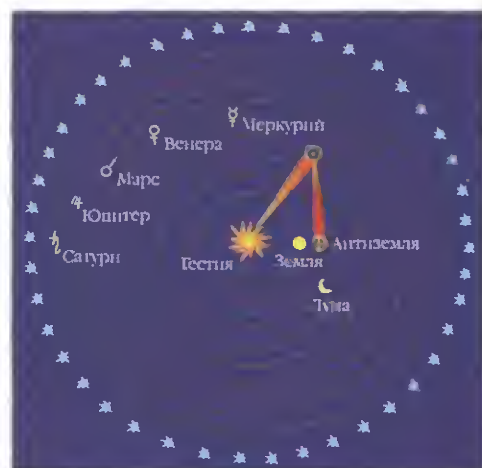
Основой философии Пифагора была мировая гармония. Известно, что пифагорейцы считали сферу наиболее совершенной фигурой. Дискообразная Земля не гармонировала со сферическим небом. Возможно, именно это стало причиной признания её шарообразности. Но если это открытие принадлежит пифагорейской школе, то вряд ли оно могло возникнуть помимо её основателя.

Однако, чтобы признать Землю шаром, недостаточно было сбросить груз традиций. Требовалось ещё заменить стремление вещей падать вниз их стремлением двигаться к центру. Эту задачу Парменид решил, и довольно неожиданно. В середине мира философ поместил богиню Афродиту и родительницу Эрота, олицетворения любовного чувства. И если Эрот порождает желания, влекущие друг к другу живых существ, почему бы подобное стремление не приписать и другим вещам, которые богиня влечёт к себе любовью? Стоит вспомнить и о том, что творящей первопричиной Парменид считал огонь. Но его помещал в центр мира и пифагореец Филолай.

ПОДВИЖНОСТЬ ЗЕМЛИ. ВСЕЛЕННАЯ ФИЛОЛАЯ

Все ранние гипотезы подвижности Земли связаны с пифагорейцами. И это неудивительно. Понятие относительности движения известно всякому, кто хоть раз плавал на лодке. Но применить этот принцип к небу и Земле могли только те, кто считал её шарообразной.

Авторами идеи осевого вращения Земли часто называют пифагорейцев Экфанта и Гикета Сиракузского, о которых почти ничего не известно. Экфант, как следует из сохранившегося сообщения, полагал, «что Земля движется, но не поступательно, а вращаясь вокруг своей оси, подобно колесу, с запада на восток». О Гикете, кроме подобного сообщения, есть и дополнительные сведения. Он принимал две Земли: «эту и Антиземлю (Антихтон)».



▸ Система мира Филолая.

Об Антиземле речь впереди, вращение же Земли позволило «остановить» самое стремительное из небесных движений — суточное вращение «неба неподвижных звёзд» вокруг оси мира. Эти сообщения не прошли даром. В 1542 г. Коперник ссылался на них в посвящении к своей знаменитой книге «О вращениях небесных сфер», видя в древних астрономах своих предшественников. Упомянул он и о Филолае, единственном философе-пифагорейце, о системе мира которого хоть что-то известно.

Многие античные авторы считают Филолая из Кротона (около 470—388 до н. э.) первым из пифагорейцев, обнародовавшим их учение. Он написал не дошедшую до нас в полном объёме книгу «О природе». В ней говорилось и о строении Вселенной. Аристотель пишет, что, согласно Филолаю, «Земля, одна из звёзд (планет. — *Прим. ред.*), движется по кругу вокруг центра, вызывая смену дня и ночи». Система мира Филолая наполнена фантастическими деталями. Вот что рассказывал об этом византийский писатель Стобей: «Филолай посередине, в центре, помещает огонь, который называет Очагом Вселенной, Домом Зевса, Матерью богов... Кроме того, он принимает другой огонь, расположенный выше всего и служащий Объемлющим. Первый по природе — Центральный огонь; вокруг него кружатся в хороводе десять божественных тел: небо и планеты, за ними —



Солнце, под ним — Луна, под ней — Земля, под ней — Антиземля, а после них всех — огонь».

Кроме введения двух вымышленных небесных тел — Центрального огня и Антиземли — Филолай заставил Солнце сиять отражённым светом. В одном из сообщений по этому поводу сказано: «Согласно пифагорейцу Филолаю, Солнце стекловидно; оно отражает огонь, находящийся в космосе». Очевидно, зеркало-Солнце дарит Земле частичку Центрального огня.

Аристотель и Стобей рисуют не геоцентрическую систему мира, традиционную для античности, а некую «огнецентрическую». Вокруг Центрального огня пролегают орбиты Антиземли, Земли, Луны, Солнца, планет и звёзд. Земля при этом всегда обращена к Огню одной стороной (как Луна по отношению к Земле), и, естественно, не той, на которой мы живём. Антиземля движется синхронно с Землей и для нас невидима, «поскольку её закрывает тело Земли». В принципе эту гипотезу можно было бы довольно просто проверить — снарядить экспедицию, которая, одолев по долготе четверть дуги земного шара, могла бы наблюдать и Огонь, и Антиземлю. Это, конечно, шутка: для той эпохи подобный совет был бы равносилен предложению нашим астрономам слетать в центр Галактики и проверить, есть ли там чёрная дыра.

Луну Филолай вслед за своим старшим современником Анаксагором считал населённой. Об этом сообщает Стобей, у которого сказано: «Некоторые из пифагорейцев, например Филолай, полагают, что Луна, как и наша Земля, населена животными и растениями, но только более крупными и красивыми. Живущие на Луне животные в пятнадцать раз больше земных». Объясняется это тем, что там в 15 раз дольше, чем на Земле, длится день.

ПЛАТОН. ГАРМОНИЯ СФЕР

Платон Афинский (427—347 до н. э.), знаменитый мыслитель, основатель Академии — философской школы, просуществовавшей почти 1000 лет (до 529 г. н. э.), в своих представлениях о Вселенной во многом соглашался с пифагорейцами.

Проблем мироустройства Платон коснулся в двух своих поздних диалогах — «Государство» и «Тимей». Вселенная там похожа на составное веретено, вертящееся на коленях Ананке (Необходимости). Оно сложено из насаженных на одну ось алмазных частей, которые философ назвал валами.

Платон не различал ещё осей мира и эклиптики. Вселенная показана как бы в разрезе: «Всех валов восемь (Луна, Солнце, пять известных тогда планет и небо звёзд. — *Прим. ред.*), они вложены один в другой, их края имеют вид кругов на общей оси, так что снаружи образуют непрерывную поверхность единого вала». Значит ли это, что Платон действительно считал светила закреплёнными на твёрдых прозрачных сферах, или же это поэтическая метафора, говорящая о нерушимости их орбит? Скорее второе. Последний штрих картины выглядит таким образом: «Сверху на каждом из кругов веретена восседает по Сирене; вращаясь вместе с ними, каждая из них издаёт только один



Аристотель.

Как наши глаза устремлены к течению светил, так уши к движению стройных созвучий. Музыка и астрономия — словно родные сёстры. Так утверждают пифагорейцы, и мы с тобой согласимся с ними.

(Платон. «Государство».)



Платон.





Академия Платона.

звук... Из всех звуков — а их восемь — получается стройное созвучие».

Идея о связи небесных движений с музыкой — пифагорейская. По-видимому, ещё Пифагор открыл, что гармонично звучащие тона соответствуют определённым соотношениям длин струны. Это открытие, связавшее математику и природу, было распространено пифагорейцами и на небесные тела. Давно замечено, что быстро движущиеся тела издают звуки. При своей огромной удалённости от нас небесные тела должны нестись с гигантскими скоростями, а значит, и звучать. Отсюда делались выводы о гармоничных соотношениях расстояний между светилами и высотой самих звуков. Наиболее высокий звук издавала быстрее всех мчащаяся сфера звёзд, самый низкий — Луна, которая в своём месячном движении отстаёт от бега небесной сферы.

Древнегреческие философы. Фрагмент блюда.



На вопрос, каким образом мог появиться гармонично устроенный мир, Платон отвечал, что он был сотворён согласно определённому плану. Причём мир, задуманный и созданный Вечносущим Богом, также одушевлён и божествен. Платон писал: «Весь этот замысел вечносущего бога относительно бога, которому только предстояло быть, требовал, чтобы тело космоса было сотворено гладким... одинаково распространённым во все стороны от центра... В его центре построивший дал место душе, откуда распространил её по всему протяжению и вдобавок облёк сю тело извне».

Здесь видно сходство с представлениями пифагорейцев, но Платон ушёл от древней традиции соединения божеств со стихиями. Роль Центрального огня и Крайнего Олимпа у него играет Душа. Архаичная мифология отступает и заменяется абстрактными понятиями.

Признав мир живым существом, цельным и наилучшим образом устроенным, Платон избавил себя от необходимости разбирать конкретные механизмы тяготения земных предметов к центру или природу солнечного света.

В сочинениях Платона впервые в европейской культуре встречается идея единого Бога — Творца. Его Платон называет Демиургом (Мастером). Для устройства Вселенной Демиург создал особое вещество в виде смеси двух сущностей — «неделимой идеальной» и «делимой материальной». Потом он «рассёк состав по длине на две части», свернул их и из одной сделал небо неподвижных звёзд, а вторую — заготовку остальных небесных тел — «разделил на семь неравных кругов, сохраняя число двойных и тройных интервалов». Это деление, определяющее расстояния между Землёй и орбитами светил, называют платоновской гармонией сфер. Относительные расстояния от Земли до светил получились следующими: Луна — 1, Солнце — 2, Венера — 3, Меркурий — 4, Марс — 8, Юпитер — 9, Сатурн — 27. Предложенные Платоном интервалы никак не связаны с действительностью и имеют только историческое значение. Однако сам принцип поиска закономерностей в размерах орбит сыграл важную роль в истории астрономии.

В «Тимее» Платон, говоря о Демиурге, вскользь упомянул о подвижнос-



ти Земли: «Земле же, кормилице нашей, он определил вращаться вокруг оси, проходящей через Вселенную, и поставил её блюстительницей дня и ночи». Это движение противоречило вращению, которое философ приписывал и небу звёзд. Может быть, Платон колебался, какое вращение предпочесть. Впрочем, астрономические подробности он назвал в диалоге «второстепенными вещами».

ЕВДОКС. ПЕРВАЯ ТЕОРИЯ ПЛАНЕТНЫХ ДВИЖЕНИЙ

К IV столетию греческая наука созрела для того, чтобы перейти от общих рассуждений к последовательному изучению природы. Выдающимся учёным этого направления был Евдокс (около 408—355 до н. э.), младший современник Платона. Он родился на юго-западе Малой Азии в городе Книде. Биографы называют его астрономом, геометром, географом, врачом и законодателем. Ещё в юности Евдокс отправился учиться в Афины. Из-за бедности он вынужден был поселиться в афинском порту Пирее и ходил оттуда пешком в столицу (за 11 км), чтобы послушать софистов (учителей мудрости). В Книд он вернулся прославленным учёным и основал там собственную школу.

Евдокс был одним из виднейших математиков древности: он разработал общую теорию пропорций и способ операций с бесконечно малыми величинами, так называемый метод исчерпывания (предшественник современного интегрального исчисления). В географии он известен как автор не дошедшей до нас книги «Объезд земли». Учёный первым спроецировал на земную поверхность небесные тропики и «арктический круг». Области между ними Евдокс считал благоприятными для жизни, он же ввёл понятие климата (от *греч.* «клима» — «наклон») для определения широты места. Ему же, по-видимому, принадлежат приведённые Аристотелем без ссылок на источник доказательства шарообразности Земли по данным наблюдений и оценка её размеров. Архимед упоминает и о вычисленном Евдоксом отношении расстояний до Луны и Солнца (1 : 12).

Однако наиболее важной для математической астрономии стала теория планетных движений Евдокса, так называемая гипотеза гомоцентрических (очерченных вокруг общего центра) сфер. В ней он поставил задачу описать наблюдаемые движения светил в виде суммы равномерных круговых вращений. Ещё за полвека до него афинский астроном Евктемон обнаружил, что «сезоны», т. е. промежутки между последовательными равноденствиями и солнцестояниями, неодинаковы. Это означало, что Солнце движется по эклиптике неравномерно. Астрономы знали, что Луна выписывает на небе волнообразную линию, а планеты чертят среди звёзд непонятные петли. Античные учёные упорно стремились свести эти сложные движения к комбинациям равномерных вращений. В этом сказалась их убеждённость в совершенстве движений такого рода. Можно указать и другую, не менее важную причину — простоту этого движения, позволявшую разбить сложнейшую задачу на ряд более простых, решаемых последовательно.

Чтобы объяснить движения каждого светила, Евдокс подбирал комбинацию из нескольких вложенных одна

Первое начертание небесной сферы.





ЭПОХА, НЕБО КОТОРОЙ ОПИСАЛ ДРЕВНЕГРЕЧЕСКИЙ ПОЭТ АРАТ

Как ни удивительно, сохранился текст, позволяющий судить об астрономических представлениях древнейших обитателей Евразии, живших задолго до эпохи Стоунхенджа. Речь идёт о поэме древнегреческого поэта Арата «Явления».

Эта небольшая написанная по-гречески дидактическая (познавательная) поэма пользовалась в поздней античности огромной популярностью. Её автор Арат (около 310—245 до н. э.) в зрелые годы жил при дворе царя Македонии Антигона Гоната. Царь попросил его пересказать стихами книги знаменитого учёного Евдокса Книдского «Явления» и «Зеркало природы». Евдокс, живший столетием раньше, был знаменитым математиком, астрономом и географом. Его сочинения, к сожалению, до нас не дошли.



Манускрипт поэмы Арата «Явления». XVI в.

В первой части поэмы Арат даёт общее описание созвездий, говорит об их положении на небе и касается связанных с ними мифов. Вот пример описания созвездий:

Перед Цефеем влачит обращение
Кассиопея,
Горестный лик — не слишком она
в полнолунье заметна:
Немногочисленны звёзды, которые
слабым мерцаньем
Красноречиво пределы созвездия
обозначают.



Арат. Медальон XVI в.

Через сто лет после Арата Гиппарх написал книгу «Комментарии к Арату и Евдоксу». Кстати, это единственное дошедшее до нас сочинение Гиппарха. В ней он критиковал и учёного, и поэта за допущенные погрешности при описании неба, объясняя их неточностью наблюдений Евдокса.

Современные исследователи пришли к сенсационному выводу: звёздное небо, в противоположность мнению Гиппарха, описано в поэме точно. Просто таким оно выглядело не в эпоху Евдокса, а за полторы тысячи лет до него! Дело в том, что полюс мира медленно перемещается среди звёзд, отчего меняется положение среди них небесного экватора и тропиков. Время наблюдений оказалось запечатлённым в самом содержании поэмы. Евдокс, судя по всему, не описывал собственных астрономических наблюдений, а привёл в своих книгах данные из попавшей к нему в руки древней рукописи, сохранившей ещё более древнюю устную традицию.

Ни Евдокс, ни Арат не могли знать о незаметном изменении вида небосвода; это явление было открыто только Гиппархом. До него картина звёздного неба считалась неизменной, и Евдоксу, видимо, не пришло в голову подвергать сомнению попавшие к нему данные.

Неожиданной оказалась и широта, на которой велись наблюдения созвездий, описанных в поэме Арата. Узнать её можно, определив границу наиболее южных звёзд, которые наблюдали создатели описания. Выяснилось, что они обитали в районе 36° северной широты. Эта параллель пересекает Крит и Кипр, проходит чуть южнее Малой Азии захватывает северный Иран, т. е. она проходит севернее Шумера и Египта, наиболее цивилизованных регионов той эпохи.

Сегодня трудно сказать, в недрах какого народа было сделано это пережившее тысячелетия описание звёздного неба, кем оно хранилось и передавалось от поколения к поколению, пока не было переведено на греческий язык и попало к эллинским учёным. Однако ясно другое: неведомые нам древние наблюдатели уже владели картиной мира, согласующейся с началами современной астрономии. Им была отлично знакома обнимающая Землю небесная сфера, её вращение вокруг оси мира. Знали они и зодиакальный круг, наклонно лежаший между небесными тропиками.



в другую сфер, причём полюса каждой из них были последовательно закреплены на предыдущей. Например, движение Луны описывалось тремя сферами. Первая вращалась вокруг оси мира и делала один оборот в сутки. На ней были закреплены полюса второй сферы, они соответствовали полюсам эклиптики. Эта сфера совершала по отношению к предыдущей полный оборот за 18,6 лет и отражала движение по эклиптике точек пересечения с ней (узлов) лунной орбиты. Она несла полюса последней, третьей сферы, расположенной под небольшим углом к полюсам второй. Сфера эта делала полный оборот за 27,3 суток, и на её экваторе помещалась Луна. Для описания неравномерности скорости Солнца астроному также понадобились три сферы. Для планет с их остановками и попятными движениями трёх сфер оказалось мало, и Евдоксу пришлось добавить ещё одну. В конечном счёте в его системе оказалось 27 сфер, из них одна для неподвижных звёзд.

Младший современник Евдокса, ученик Аристотеля Каллипп, ввёл ещё шесть сфер, чтобы модель Евдокса лучше соответствовала наблюдаемому движению планет. Наконец, Аристотель, желая связать сферы всех светил в единую систему, довёл их количество до 55.

АРИСТОТЕЛЬ. ЧЕЛОВЕК, ОСТАНОВИВШИЙ ЗЕМЛЮ

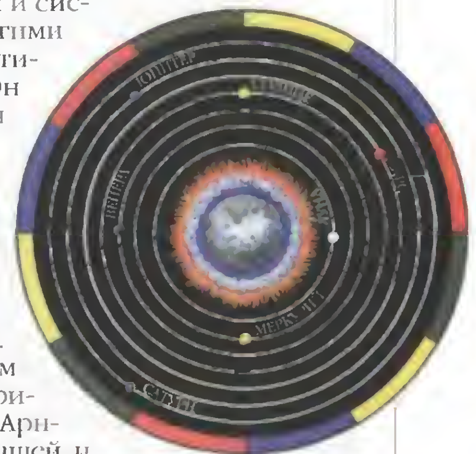
Аристотель (384—322 до н. э.), великий учёный-энциклопедист, родился в городе Стагире. Его отец был врачом македонского царя Аминты III. В 17 лет Аристотель уехал в Афины, стал учеником Платона и провёл в его Академии 20 лет. После смерти учителя Аристотель покинул Афины. В 343 г. до н. э. наследник Аминты III Филипп Македонский попросил философа стать воспитателем своего юного сына Александра, будущего великого полководца.

Аристотель провёл в Македонии несколько лет, потом вернулся в Афины и основал там школу, названную Ликеем (в латинском варианте Лицей) из-за её расположения рядом с храмом Аполлона-Лика. Учеников Аристотеля называли перипатетиками (прогуливающимися), возможно, за любовь беседовать на ходу. После смерти Александра в 323 г. до н. э. ненависть к македонянам, захватившим Грецию, распространилась и на Аристотеля. Он вынужден был уехать в своё имение на остров Эвбею, где через год умер. Впрочем, Ликей афиняне не тронули, знаменитая школа существовала ещё долго.



Рафаэль Санти. Афинская школа. Центральный фрагмент фрески (Платон и Аристотель).

Аристотель, великий логик и систематизатор, занимался многими науками — от поэтики и политики до физики и биологии. Он критиковал своего учителя Платона и стремился заниматься не только общими вопросами, но и анализировать конкретные явления. Его представления о мире внешне мало отличались от платоновских, но по сути своей были им противоположны. Аристотель считал мир вечным и неизменным, живущим по физическим законам. Но физика Аристотеля резко отличалась от нашей, и



Система мира Аристотеля.



ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ШАРООБРАЗНОСТИ ЗЕМЛИ

Что Земля по необходимости должна находиться в центре и быть неподвижной, не видно потому, что тела, с силой бросаемые вверх, падают снова на то же место, даже если сила забросит их на бесконечно большое расстояние. Из этого ясно, что Земля не движется и не находится вне центра Вселенной.

Форма Земли по необходимости должна быть шарообразной, ибо каждая из её частей имеет вес и стремится вниз до тех пор, пока не достигнет центра. Части Земли подвергаются взаимному давлению и уступают одна другой до тех пор, пока не будет достигнуто ближайшее положение к центру.

Шарообразность Земли доказывается и наблюдениями. Во-первых, во время затмений Луны край тени на её диске всегда имеет форму дуги. Следовательно, раз Луна затмевается потому, что её заслоняет от Солнца Земля, то причина такой формы тени — округлость Земли, и Земля шарообразна.

Во-вторых, наблюдение звёзд с очевидностью доказывает не только то, что Земля круглая, но и то, что она небольшого размера. Стоит нам немного переместиться к югу или к северу, как горизонт явственно становится другим: картина звёздного неба над головой значительно меняется, и при переезде на север или на юг видны не одни и те же звёзды. Так, некоторые звёзды, видимые в Египте, не видны в северных странах, а звёзды, которые в северных странах видны постоянно, в Египте заходят. Таким образом, из этого ясно не только то, что Земля круглой формы, но и то, что она небольшой шар: иначе мы не замечали бы указанных изменений столь быстро в результате столь незначительных перемещений.

Поэтому те, кто полагают, что область Геракловых столпов (Гибралтарский пролив. — *Прим. ред.*) расположена напротив Индии и что в этом смысле океан един, думается, придерживаются не таких уж невероятных воззрений.

И наконец, те математики, которые берутся вычислять длину земной окружности, говорят, что она составляет около 400 000 стадиев (вероятно, 74 тыс. километров. — *Прим. ред.*). Судя по этому, тело Земли должно быть не только шарообразным, но и небольшим по сравнению с величиной других звёзд.

(По книге Аристотеля «О небе». Около 340 г. до н. э.)

её авторитет в Средние века в какой-то момент стал сдерживать прогресс этой науки.

Сначала философ обосновал идею о том, что во Вселенной есть особая точка — центр, к которому в силу своей природы стремились тяжёлые элементы: земля и вода. Ведь если бы такого центра не было, падение предметов продолжалось бы вечно, без остановки. Из-за стремления элементов к центру мира Земля получила форму шара. Лёгкие элементы — воздух и огонь — напротив, стремились от центра, но не уходили за границы «подлунной сферы». За ней начиналось царство небесных тел, построенное из особого, пятого, элемента — «квинтэссенции», эфира.

Движения к центру и от него Аристотель считал «естественными», все остальные его виды требовали приложения силы и назывались «принудительными». Земная механика Аристотеля не знала движения по инерции, это открытие сделал только Галилей. Чтобы объяснить, почему небесные тела движутся, философ ввёл некий божественный перводвигатель, располагавшийся у внешних пределов мира. А как быть с полётом пущенной стрелы или брошенного камня? Ведь они летят, когда сила уже не действует. Согласно Аристотелю, их несёт воздушный вихрь. Камень раздвигает воздух, тот обходит летящее тело, ударяет по нему сзади и тем самым поддерживает движение. Эта странная на наш взгляд физика не допускала даже осевого вращения Земли, которое, между прочим, могло бы серьёзно упростить «небесный механизм» Евдокса — Аристотеля. Вместо 55 сфер в нём осталось бы 41. А вот ученик ученика Аристотеля — Аристарх Самосский — не только признал вращение Земли, но и «изгнал» её из центра мира.



▸ Рембрандт. Аристотель у бюста Гомера.



АРХИМЕД. ИЗМЕРЕНИЕ НЕБА

Архимеда из Сиракуз (около 287—212 до н. э.) обычно не причисляют к астрономам. Выдающийся математик, основоположник статики и гидростатики, оптик, инженер и изобретатель, он уже в античное время завоевал громкую славу. Кстати, слова учёного о том, что он сделал механическое открытие, которое позволило бы ему сдвинуть Землю, относятся не к закону рычага (ко временам Архимеда он уже был известен), а к принципу построения механических редукторов. Именно с помощью редуктора Архимед «силой одного человека» сдвинул с места вытащенный на берег корабль.

В молодости Архимед учился в Александрии у математика Конона. Вполне вероятно, что там он познакомился с немолодым уже Аристархом. Вернувшись в Сиракузы, учёный стал, как сказали бы теперь, «главным военным инженером» города. Его система обороны и военные машины, включая «жгущие зеркала» и «железные лапы» (манипуляторы, топившие десантные суда римлян), сделали город неприступным. Под старость ему пришлось участвовать в обороне Сиракуз, которые во время 2-й Пунической войны были осаждены римским полководцем Марком Марцеллом. Город держался больше года и был захвачен лишь в результате предательства. Во время разграбления Сиракуз Архимед был убит римским солдатом.

Об общих взглядах учёного на мир можно судить по его сочинению «О плавающих телах». Архимед, с одной стороны, признавал существование атомов, с другой — следовал идее тяготения Аристотеля. В одной из своих работ Архимед описал измерение углового поперечника Солнца. Для этого учёный использовал горизонтальную линейку с поставленным на неё цилиндриком. Линейка наводилась на светило при его восходе, «когда на Солнце можно смотреть». Глядя вдоль линейки, Архимед двигал по ней цилиндрик и отмечал те его положения, когда он почти закрывал солнечный диск и когда перекрывал его полностью. Так получалась «вилка», в пределах которой лежала измеряемая величина. Результат Архимеда — 27′ и 32,5′ — охватывал действительное значение углового диаметра Солнца — 32′.

Римский историк Тит Ливий, рассказывая об осаде Сиракуз, называет Архимеда «единственным в своём роде наблюдателем неба и звёзд». Возможно, эта характеристика связана со знаменитым техническим творением учёного — механическим небесным глобусом, привезённым в Рим в качестве трофея. В отличие от обычного Архимедов глобус показывал не только вращение неба, но и движения других светил. Видимо, вдоль пояса зодиакальных созвездий в нём имелся ряд окошек, за которыми перемещались макеты светил, приводимые в движение зубчатыми передачами и воздушными турбинками.

Архимед даже написал книгу «Об устройстве небесного глобуса», которая, увы, до нас не дошла. С этой книгой связывают перечень вычисленных учёным космических расстояний между Землёй, Солнцем, планетами. Расстояния даны в стадиях (одна стадия равна 150—190 м). Числа не сходятся между собой (из суммы интервалов не получаются расстояния) и выглядят загадочно. Но недавно было обнаружено, что они



Доменико Фетти. Архимед.



«Эврика!»



О ЖРЕЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

Одной из великих бед, равно как и одной из самых смешных сторон людского рода, является то, что во всех странах, носящих имя цивилизованных, за исключением, быть может, Китая, жрецы берут на себя занятия, являющиеся прерогативой учёных. Они вмешиваются в порядок календарного года: потому, дескать, им принадлежит это право, что народам необходимо знать дни своих праздников. Так халдейские, египетские, греческие и римские жрецы считали себя математиками и астрономами. Но что это за математика и астрономия! Слишком уж они были заняты своими жертвоприношениями, оракулами, предсказаниями будущего и своими знамениями, чтобы ещё и серьёзно заниматься наукой. Никто из делающих своей профессией шарлатанство не может обладать точным и ясным умом. Люди эти были астрологами, а не астрономами.

Сами греческие жрецы считали поначалу год состоящим только из 360 дней. Понадобилась наука геометров, чтобы жрецы поняли, что ошиблись на пять и более дней. Итак, они преобразовали свой год. Другие геометры вдобавок к этому показали им, что они ошиблись на шесть часов. Ифит обязал их изменить свой жреческий календарь. Они добавили к своему неверному году ещё один день в конце каждого четырёхлетия, и Ифит отметил это изменение учреждением Олимпиад.

Наконец, жрецы были вынуждены прибегнуть к учёному Метону, который, сличая лунный и солнечный годы, создал новый девятнадцатигодичный цикл, в конце которого Солнце и Луна возвращались в своё исходное положение с приблизительной разницей в полтора часа. Этот цикл был начертан золотыми знаками и выставлен на агоре (площади. — *Прим. ред.*) в Афинах — это и есть знаменитое золотое число, коим поныне пользуются с соответствующими коррективами.

Хорошо известно, какую смехотворную путаницу внесли в календарь римские жрецы. Их оплошности были столь велики, что летние празднества падали на зиму. Цезарь, универсально образованный Цезарь, вынужден был пригласить из Александрии учёного Созигена для исправления чудовищных ошибок блюстителей обрядов.

А когда во времена папства Григория XIII возникла необходимость реформировать календарь Юлия Цезаря, к кому обратился папа? К какому-нибудь инквизитору? Нет, к учёному, врачу по имени Лилио.

(По «Философскому словарю» Ф. Вольтера. 1764—1769 гг.)

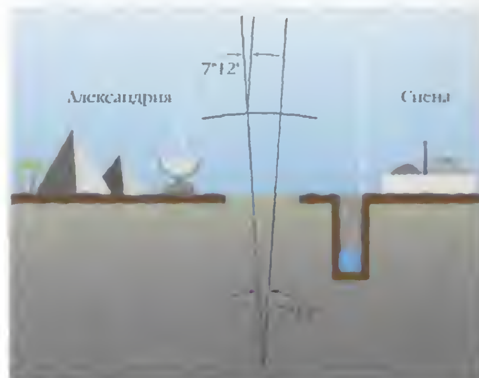
приобретают смысл, если отнести некоторые из них к гелиоцентрической системе. Учёный верно определил относительное расстояние до Луны и размеры орбит Меркурия, Венеры и Марса, если считать их гелиоцентрическими.

О смешанной системе мира (геоцентрической, но с обращением Меркурия и Венеры вокруг Солнца) римский архитектор Витрувий, например, упоминает как об общеизвестной. Вероятно, Архимед был её автором. Сделанное учёным первое правильное определение расстояний до планет оказалось в античности и последним. Геоцентрическая система не давала таких возможностей.

ЭРАТОСФЕН. ИЗМЕРЕНИЕ ЗЕМЛИ

Архимед переписывался с учёными Александрии. После смерти своего учителя Конона он посылал математические сочинения Эратосфену, который в это время возглавлял Мусейон, научный центр в Александрии. Эратосфен Киренский (около 276—194 до н. э.) был разносторонним учёным — математиком, филологом, географом. К его важнейшим научным достижениям относится измерение окружности земного шара.

Живя в Египте, учёный знал, что Сиена (теперешний Асуан) лежит на Северном тропике. Такой вывод следовал из того, что в полдень дня летнего солнцестояния светило там освещает дно глубоких колодцев, т. е. стоит в зените. С помощью особого прибора, который он называл «скафис», учёный установил, что в то же время в Александрии Солнце отстоит от вертикали на 1/50 долю окружности. Сиена находится на том же меридиане, что и Александрия; расстояние между городами было тогда известно — около 5 тыс. египетских



▸ Метод определения размеров Земли Эратосфеном.



стадий (расстояния тогда измеряли шагами специалисты-землемеры — гарпеданапты). Зная длину дуги и угол, который она стягивает, Эратосфен умножил расстояние до Сиены на 50 и получил длину земной окружности в 252 тыс. стадий. По нашим меркам это составляет 39 690 км. Учитывая грубость измерительных приборов той эпохи и ненадёжность исходных данных, великолепное совпадение результатов Эратосфена с действительными (40 тыс. километров) можно считать большой удачей.

ЭПОХА РИМА

В 264 г. до н. э. римляне овладели Южной Италией с расположенными там греческими городами Тарентом, Кротоном и другими, составлявшими некогда область, которую называли Великой Грецией. Через полвека Риму подчинились греческие колонии Сицилии, включая знаменитые Сиракузы, а в 146 г. до н. э. и сама Греция превратилась в римскую провинцию Ахайю. Спустя 100 лет Юлий Цезарь присоединил к Римской империи Египет с Александрией — тогдашней столицей эллинской науки.

Овладев эллинским миром, римляне не стали подавлять его культуру, а во многом восприняли её. Знание греческого языка было обязательным для образованных римлян. Часто они учились в Греции. Здесь получили образование многие видные деятели Рима, например Тиберий Гракх, Помпей, Цицерон, Цезарь. Со временем сложилась своеобразная греко-римская культура, в русле которой развилась блестящая латинская литература. Рим дал миру великолепных поэтов, историков, драматургов, но в его шкалу ценностей не входили математика и астрономия.

Занятия теоретической наукой в отличие от литературных не считались престижными. Их приравнивали к ремеслу и считали недостойными свободного гражданина. Многие римские политики, например Цицерон и Цезарь, были выдающимися литераторами. Плиний Старший написал обширный труд «Естественная история», в котором собрал массу естественнонаучных сведений, не затронув, однако, математической стороны астрономии.

Нельзя сказать, чтобы римляне совсем не интересовались астрономией. К примеру, полководец Цезарь Германик перевёл с греческого на латинский язык астрономическую поэму Арата «Явления».

Витрувий в трактате «Об архитектуре» уделил много внимания перечислению типов солнечных часов и в связи с этим коснулся движений светил. Одну за другой он описал две системы мира: сначала упомянул об обращении Меркурия и Венеры вокруг Солнца, потом нарисовал чисто геоцентрическую систему, где они обращаются вокруг Земли. Ещё более загадочным кажется его оброненное тут же и мало связанное с текстом упоминание о «круговой орбите Земли», которое может служить намёком на знакомство автора с гипотезой Аристарха. Очевидно, что этот знающий и начитанный человек тем не менее не желает разбираться в тонкостях астрономических теорий.

В Римской империи работали замечательные астрономы, но сами римляне этой наукой пренебрегали. Когда Юлию Цезарю понадобилось реформировать календарь, он пригласил из Александрии греческого астронома Созигена.



Астрономические набюдения в Александрии.



АРИСТАРХ — КОПЕРНИК АНТИЧНОГО МИРА

Аристарх (около 310—250 гг. — III в. до н. э.) родился на острове Самос. Он был учеником физика Стратона из Лампсака. Его учитель принадлежал к школе Аристотеля и в конце жизни даже руководил Ликеем. Он был одним из основателей знаменитой Александрийской библиотеки и Мусейона — главного научного центра поздней античности. По-видимому, здесь, среди первого поколения учёных Александрии, учился и работал Аристарх.

Всё это, однако, не объясняет личности Аристарха, которая кажется совершенно выпадающей из своей эпохи. До него теории неба строились чисто умозрительно, на основе философских аргументов. Иначе и быть не могло, поскольку небо рассматривалось как мир идеального, вечного, божественного. Аристарх же попытался определить расстояния до небесных тел с помощью наблюдений. Когда у него это получилось, он сделал второй шаг, к которому не были готовы ни его современники, ни учёные много веков позднее.

Как Аристарх решил первую задачу, известно точно. Единственная сохранившаяся его книга «О размерах Солнца и Луны и расстояниях до них» как раз посвящена этой проблеме. Сначала Аристарх определил, во сколько раз Солнце дальше Луны. Для этого он измерил угол между Луной, находившейся в фазе четверти, и Солнцем (это можно сделать при заходе или восходе Солнца, когда Луна иногда видна одновременно с ним). Если, по словам Аристарха, «Луна кажется нам рассечённой пополам», угол, имеющий Луну своей вершиной, прямой. Аристарх измерил угол между Луной и Солнцем, в вершине которого находилась Земля. Он получился у него равным 87° (в действительности 89°52′). В прямоугольном треугольнике с таким углом гипотенуза (расстояние от Земли до Солнца) в 19 раз длиннее катета (расстояния до Луны). Для знающих тригонометрию отметим, что $1/19 \approx \cos 87°$. На этом выводе — Солнце в 19 раз дальше Луны — Аристарх и остановился. На самом деле Солнце дальше в 400 раз, однако с инструментами того времени найти верное значение было невозможно.

Аристарх знал, что видимые диски Солнца и Луны примерно одинаковы. Он сам наблюдал солнечное затмение, когда диск Луны полностью закрыл диск Солнца. Но если видимые диски равны, а расстояние до Солнца в 19 раз больше, чем расстояние до Луны, то диаметр Солнца в 19 раз больше диаметра Луны.

Теперь осталось главное: сравнить Солнце и Луну с самой Землёй. Вершиной научной смелости тогда была идея, что Солнце очень велико, возможно даже почти так же велико, как вся Греция.

Наблюдая лунные затмения, когда Луна проходит через тень Земли, Аристарх установил, что диаметр Луны в два раза меньше земной тени. С помощью довольно хитроумных рассуждений он доказал, что Луна меньше Земли в 3 раза. Но Солнце больше Луны в 19 раз, а значит, её диаметр в 6 с лишним раз больше земного (в дейст-





вительности в 109 раз). Главным в работе Аристарха был не результат, а сам факт выполнения, доказавший, что недостижимый мир небесных тел может быть познан с помощью измерений и расчётов.

По-видимому, всё это и подтолкнуло Аристарха к его великому открытию. Его идея дошла до нас только в пересказе Архимеда. Аристарх догадался, что большое Солнце не может обращаться вокруг маленькой Земли. Вокруг Земли вращается только Луна. Солнце есть центр Вселенной. Вокруг него обращаются и планеты. Эта теория получила название *гелиоцентрической*. Смену дня и ночи на Земле Аристарх объяснял тем, что Земля вращается вокруг своей оси. Его гелиоцентрическая модель объясняла многое, например заметное изменение блеска Марса. Судя по некоторым данным, Аристарх догадался и о том, что его теория естественно объясняет и петлеобразное движение планет, вызванное обращением Земли вокруг Солнца.

Свои теории Аристарх продумал хорошо. Он учёл, в частности, тот факт, что наблюдатель на движущейся Земле должен заметить изменение положений звёзд — параллактическое смещение. Аристарх объяснял кажущуюся неподвижность звёзд тем, что они очень далеки от Земли, и её орбита бесконечно мала по сравнению с этим расстоянием. Теория Аристарха не могла быть принята его современниками. Слишком многое нужно было менять. Невозможно было поверить, что наша опора не покоится, а вращается и движется и осознать все последствия того факта, что Земля тоже небесное тело, подобное Венере или Марсу. Ведь в этом случае рухнула бы тысячелетняя идея Неба, величественно взирающего на земной мир.

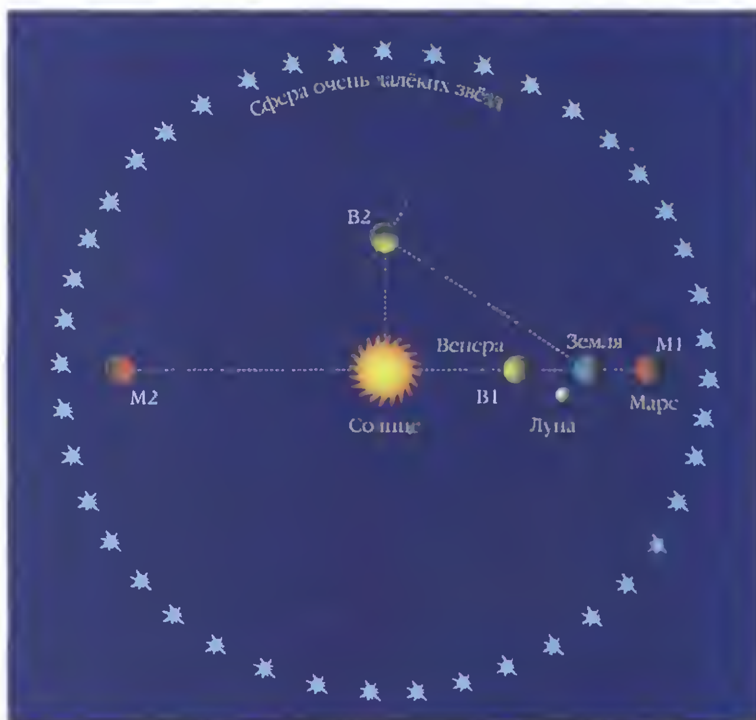
Современники Аристарха отвергли гелиоцентризм. Его обвинили в богохульстве и изгнали из Александрии. Через несколько веков Клавдий Птолемей найдёт и убедительные теоретические доводы, опровергающие движение Земли. Потребуется смена эпох, чтобы гелиоцентризм смог войти в сознание людей.

АРИСТАРХ СРАВНИВАЕТ РАССТОЯНИЕ ДО ЛУНЫ И СОЛНЦА

Платон утверждал, что Солнце ровно вдвое дальше от Земли, чем Луна. «Посмотрим, так ли это», — подумал Аристарх и начертил треугольник.

Наблюдатель смотрит с Земли T на Солнце и Луну. Луна в фазе первой четверти. Это бывает, когда угол $\angle TLS$ прямой. По Платону, $TS = 2 \cdot TL$, значит, угол $\angle LTS = 60°$. Но такого не может быть, ведь во время фазы первой четверти Луна отделена от Солнца примерно на 90°. А если померить точно? Аристарх померил $\angle LTS$ в момент первой четверти и получил угол в 87°.





Гелиоцентрическая модель Аристарха Самосского (III в. до н. э.). Луна обращается вокруг Земли. Земля вращается вокруг своей оси, поэтому наблюдается смена дня и ночи. Земля и другие планеты обращаются вокруг Солнца — центра мира. Модель Аристарха объясняла изменение блеска Венеры и Марса. В положении B1 Венера видна как круглое тёмное пятнышко на диске Солнца; в положении B2 — как яркое пятнышко несимметричной формы. В положении M1 Марс ближе к Земле и имеет более яркий блеск, чем в положении M2.



ГИППАРХ

«Этот Гиппарх, который не может не заслужить достаточной похвалы... более чем кто-либо доказал родство человека со звёздами и то, что наши души являются частью неба... Он решился на дело, смелое даже для богов, — переписать для потомства звёзды и пересчитать светила... Он определил места и яркость многих звёзд, чтобы можно было разобрать, не исчезают ли они, не появляются ли вновь, не движутся ли они, меняются ли в яркости. Он оставил потомкам небо в наследство, если найдётся тот, кто примет это наследство» — так писал римский историк и естествоиспытатель Плиний Старший о величайшем астрономе Древней Греции.

Годы рождения и смерти Гиппарха неизвестны. Известно только, что он родился в городе Никее, в Малой Азии. Бо́льшую часть жизни (160—125 гг. до н. э.) Гиппарх провёл на острове Родос в Эгейском море. Там он построил обсерваторию.

Из трудов Гиппарха почти ничего не сохранилось. До нас дошло лишь одно его сочинение — «Комментарии к Арату и Евдоксу». Другие погибли вместе с Александрийской библиотекой. Она просуществовала более трёх столетий — с конца IV в. до н. э. и до 47 г. до н. э., когда войска Юлия Цезаря взяли Александрию и разграбили библиотеку. В 391 г. н. э. толпа христианских фанатиков сожгла большинство рукописей, чудом уцелевших во время нашествия римлян. Полное уничтожение довершили арабы. Когда в 641 г. войска халифа Омара взяли Александрию, он приказал сжечь все рукописи. Лишь случайно спрятанные или ранее переписанные манускрипты сохранились и позднее попали в Багдад.

Гиппарх занимался систематическими наблюдениями небесных светил. Он первым ввёл географическую сетку координат из меридианов и параллелей, позволявшую определить широту и долготу места на Земле так же, как до того астрономы определяли звёздные координаты (*склонение* и *прямое восхождение*) на воображаемой небесной сфере.

Многолетние наблюдения за движением дневного светила позволили Гиппарху проверить утверждения Евктемона (V в. до н. э.) и Каллиппа (IV в. до н. э.) о том, что астрономические времена года имеют неодинаковую продолжительность. Они начинаются в день и даже в момент наступления равноденствия или солнцестояния: весна — с весеннего равноденствия, лето — с летнего солнцестояния и т. д.

Гиппарх обнаружил, что весна длится примерно 94,5 суток, лето — 92,5 суток, осень — 88 суток и, наконец, зима продолжается приблизительно 90 суток. Отсюда следовало, что Солнце движется по эклиптике



Гиппарх



существ всё строго и неизменно». Этими словами последний из выдающихся греческих учёных Клавдий Птолемей завершает свой астрономический трактат. Они как бы подводят итог античной науки. В них слышны отзвуки её достижений и разочарований. Полтора тысячелетия — до Коперника — они будут звучать в стенах средневековых университетов и повторяться в трудах учёных.

Клавдий Птолемей жил и работал в Александрии, расположенной в устье Нила. Город был основан Александром Македонским. В течение трёх веков здесь была столица государства, в котором правили цари из династии Птолемеев — преемников Александра. В 30 г. до н. э. Египет был завоёван Римом и стал частью Римской империи.

В Александрии жили и работали многие выдающиеся учёные древности: математики Евклид, Эратосфен, Аполлоний Пергский, астрономы Аристилл и Тимохарис. В III в. до н. э. в городе была основана знаменитая Александрийская библиотека, где были собраны все основные научные и литературные сочинения той эпохи — около 700 тыс. папирусных свитков. Этой библиотекой постоянно пользовался и Клавдий Птолемей.

Он жил в пригороде Александрии Канопе, целиком посвятив себя занятиям наукой. Астроном Птолемей не имеет никакого отношения к династии Птолемеев, он просто их тёзка. Точные годы его жизни неизвестны, но по косвенным данным можно установить, что он родился, вероятно, около 100 г. н. э. и умер около 165 г. Зато точно известны даты (и даже часы) его астрономических наблюдений, которые он вёл в течение 15 лет: со 127 по 141 год.

Птолемей поставил перед собой трудную задачу: построить теорию видимого движения по небосводу Солнца, Луны и пяти известных тогда планет. Точность теории должна была позволить вычислять положения этих небесных светил относительно звёзд на много лет вперёд, предсказывать наступление солнечных и лунных затмений.

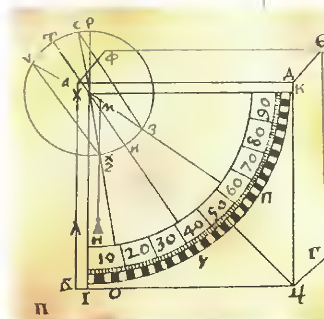


Для этого нужно было составить основу для отсчёта положений планет — каталог положений неподвижных звёзд. В распоряжении Птолемея был такой каталог, составленный за два с половиной века до него его выдающимся предшественником — древнегреческим астрономом Гиппархом. В этом каталоге было около 850 звёзд.

Птолемей соорудил специальные угломерные инструменты для наблюдений положений звёзд и планет: астролябию, армиллярную сферу, трикветр и некоторые другие. С их помощью он выполнил множество наблюдений и дополнил звёздный каталог Гиппарха, доведя число звёзд до 1022.

Используя наблюдения своих предшественников (от астрономов Древнего Вавилона до Гиппарха), а также собственные наблюдения, Птолемей построил теорию движения Солнца, Луны и планет. В этой теории предполагалось, что все светила движутся вокруг Земли, которая является центром мироздания и имеет шарообразную форму.

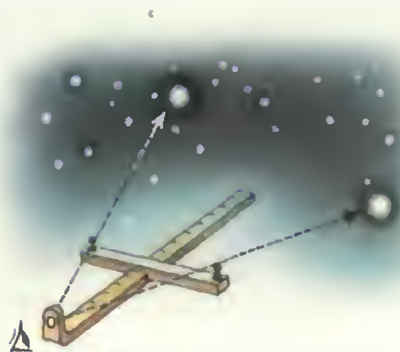
Чертёж астрономического квадранта Птолемея из «Альмагеста» в русском переводе.

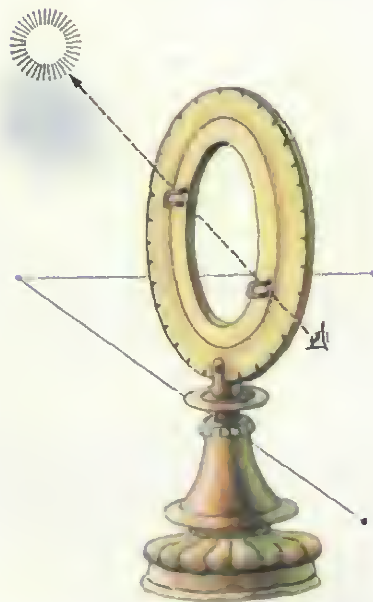






Геометрическая схема лунного затмения, которую использовал Гиппарх для оценки расстояний Земля — Солнце и Земля — Луна. Он измерил угловые размеры Солнца 2α и земной тени 2β. Пользуясь геометрической схемой, Гиппарх нашёл, что расстояние до Луны равно примерно 60 земным радиусам.





Угломерные инструменты, которые использовал Гиппарх для измерения небесных координат. Поперечную планку на астрономическом посохе (сверху) устанавливали так, чтобы лучи от двух светил, проходя через визирные отверстия на планке, попадали в визирное отверстие на посохе и в глаз наблюдателя. Вертикальный круг (снизу) использовался для измерения высоты светила над горизонтом.

2,5 с. Это значение всего на 0,5 с меньше истинного.

Гиппарх впервые начал широко использовать древние наблюдения вавилонских астрономов. Это позволило ему очень точно определить длину года. В результате своих изысканий он научился предсказывать лунные и солнечные затмения с точностью до одного часа. Попутно он составил первую в истории тригонометрическую таблицу, в которой приводились значения хорд, соответствующие современным синусам.

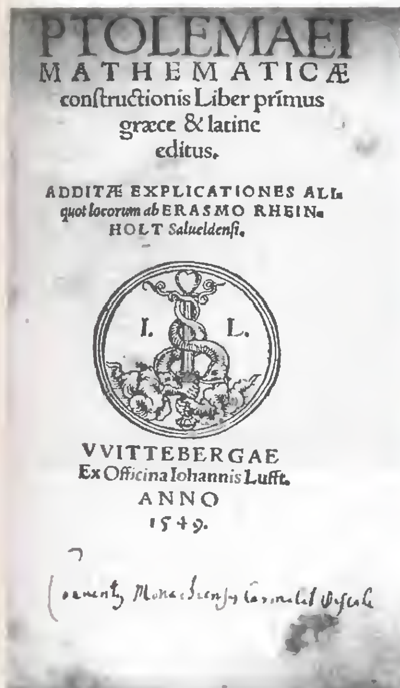
Гиппарх вторым после Аристарха сумел найти расстояние до Луны, оценив также расстояние до Солнца. Он знал, что во время солнечного затмения 129 г. до н. э. оно было полным в районе Геллеспонта (современные Дарданеллы). В Александрии Луна закрыла лишь 4/5 солнечного диаметра. Иначе говоря, видимое место Луны не совпадало в этих городах на 0,1°. Зная расстояние между городами, Гиппарх легко нашёл расстояние до Луны, используя метод, введённый ещё Фалесом. Он вычислил, что расстояние Земля — Луна составляет около 60 радиусов Земли (результат, очень близкий к действительному). Расстояние Земля — Солнце, по Гиппарху, равно 2 тыс. радиусов Земли.

Гиппарх обнаружил, что наблюдаемые движения планет очень сложны и не описываются простыми геометрическими моделями. Здесь он впервые столкнулся с задачей, разрешить которую был не в силах. Только спустя три века «небесное наследство» великого астронома было принято Птолемеем, который смог построить систему мира, согласующуюся с наблюдениями.

КЛАВДИЙ ПТОЛЕМЕЙ. СОЗДАТЕЛЬ ТЕОРИИ НЕБА

«Пусть никто, глядя на несовершенство наших человеческих изобретений, не считает предложенные здесь гипотезы слишком искусственными. Мы не должны сравнивать человеческое с божественным... Небесные явления нельзя рассматривать с точки зрения того, что мы называем простым и сложным. Ведь у нас всё произвольно и переменно, а у небесных





PTOLEMAEI
MATHEMATICÆ
constructionis Liber primus
græce & latine
editus.

ADDITÆ EXPLICATIONES ALIquot locorum ab ERASMO RHEINHOLT Salueldensi.

I. L.

VVITTEBERGAE
Ex Officina Iohannis Lufft.
ANNO
1549.



в эпоху книгопечатания выдержала более 40 изданий.

Клавдий Птолемей написал также монографию по оптике и книгу по теории музыки («Гармония»). Ясно, что он был весьма разносторонним учёным.

«Альмагест» и «Географию» относят к числу важнейших книг, созданных за всю историю науки.

◄◄ Титульный лист книги Птолемея «Альмагест». Издание 1549 г.

▲ Система мира Клавдия Птолемея.





Знаю, что я смертен, знаю, что дни мои сочтены; но, когда я в мыслях неустанно и жадно прослеживаю пути светил, тогда я не касаюсь ногами Земли: на пиру Зевса наслаждаюсь амброзией, пищей богов.

(Клавдий Птолемей. «Альмагест».)

Чтобы объяснить сложный характер движения планет, Птолемею пришлось ввести комбинацию двух и более круговых движений. В его системе мира вокруг Земли по большой окружности — *деференту* (от *лат.* deferens — «несущий») — движется не сама планета, а центр некоей другой окружности, называемой *эпициклом* (от *греч.* «эпи» — «над», «киклос» — «круг»), а уже по нему обращается планета. В действительности движение по эпициклу является отражением реального движения Земли вокруг Солнца. Для более точного воспроизведения неравномерности движения планет на эпицикл насаживались ещё меньшие эпициклы.



Армиллярная сфера.

Птолемею удалось подобрать такие размеры и скорости вращения всех «колёс» своей Вселенной, что описание планетных движений достигло высокой точности. Эта работа потребовала огромной математической интуиции и громадного объёма вычислений.

Он был не вполне удовлетворён своей теорией. Расстояние от Земли до Луны у него сильно (почти вдвое) менялось, что должно было привести к бросающимся в глаза изменениям угловых размеров светила; не были понятны и сильные колебания яркости Марса и т. п. Но лучшего ни он, ни тем более его последователи предложить не могли. Все эти проблемы представлялись Птолемею меньшим злом, чем «нелепое» допущение движения Земли.

Все астрономические исследования Птолемея были им подытожены в капитальном труде, который он назвал «Мегале синтаксис» (Большое математическое построение). Но переписчики этого труда заменили слово «большое» на «величайшее» (мэгисте), и арабские учёные стали называть его «Аль-Мэгисте», откуда и произошло его позднейшее название — «Альмагест». Этот труд был написан около 150 г. н. э.

В течение 1500 лет это сочинение Клавдия Птолемея служило основным учебником астрономии для всего научного мира. Оно было переведено с греческого языка на сирийский, среднеперсидский, арабский, санскрит, латынь, а в Новое время — почти на все европейские языки, включая русский.

После создания «Альмагеста» Птолемей написал небольшое руководство по астрологии — «Тетрабиблос» (Четверокнижие), а затем второе по значению своё произведение — «Географию». В нём он дал описания всех известных тогда стран и координаты (широты и долготы) многих городов. «География» Птолемея также была переведена на многие языки и уже

Через 500 лет после Аристотеля Клавдий Птолемей писал: «Существуют люди, которые утверждают, будто бы ничто не мешает допустить, что... Земля вращается вокруг своей оси, с запада на восток, делая один оборот в сутки... И правда, ничто не мешает для большей простоты, хоть этого и нет, допустить это, если принять в расчёт только видимые явления. Но эти люди не сознают... что Земля из-за своего вращения имела бы скорость, значительно бóльшую тех, какие мы можем наблюдать... В результате все предметы, не опирающиеся на Землю, должны казаться совершающими такое же движение в обратном направлении; ни облака, ни другие летающие или парящие обьекты никогда не будут видимы движущимися на восток, поскольку движение Земли к востоку будет всегда отбрасывать их... в обратном направлении».

Выбирая между подвижной и неподвижной Землёй, Птолемей, исходя из физики Аристотеля, выбрал неподвижную. По этой же причине он, вероятно, принял и геоцентрическую систему мира.



цикл сказок «Тысяча и одна ночь»), но оказались неудачными. При его сыне аль-Мамуне в Багдаде была создана своего рода академия наук — Дом мудрости — и построена обсерватория. В Доме мудрости группа учёных сирийских христиан занялась переводом научных сочинений непосредственно с древнегреческого. Впервые полный перевод великого труда Птолемея был сделан в IX в. арабским учёным Сабитом ибн Куррой (836—901).

Знакомство с индийским переложением теории Птолемея и тем более с переводом его труда, переименованного арабами в «Альмагест», стимулировало развитие наблюдательной арабской астрономии, а также развитие соответствующего математического аппарата. Так, аль-Баттани́ (в Европе он был известен как Альбатений), живший в сирийском городе Ракка в 878—918 гг., уточнил наклон эклиптики к экватору. Абу-ль-Вефа́ (940—997/998) обнаружил новое неравенство (изменение скорости) в движении Луны, получившее позднее название вариации.

С конца X в. новыми научными центрами арабской культуры были в разное время: Каир, где были опять же при дворе правителя учреждены Дом знания и обсерватория, в которой трудился известный астроном Ибн Юнус (950—1009); Исфахан, где в крупнейшей тогда обсерватории работал знаменитый поэт и учёный — математик и астроном Омар Хайям (1048 — после 1122).

Научившись по греческим книгам делать астрономические угломерные инструменты — секстанты и квадранты, арабы значительно повысили точность измерений на них, увеличив их размеры и перейдя к длительным систематическим наблюдениям. Самим арабским астрономам принадлежит изобретение нового универсального переносного астрономо-геодезического инструмента — астролябии. Уже скоро они заметили неточность Птолемеевых астрономических таблиц. Поэтому их основные усилия были направлены на составление новых солнечных, лунных и планетных таблиц, а также звёздных каталогов. Эти труды под названием зиджи в большом количестве составлялись на протяжении всего периода существования арабской астрономии. Такое наблюдательное направление средневековой астрономии на Ближнем Востоке сохранилось и в новых научных центрах, возникших на Среднем Востоке.



Подлинная арабская вращательная астролябия. 1062 г.



◄ *Индийские астрономы определяют координаты звёзд при помощи угломерных инструментов.*

АСТРОНОМИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

В X—XV вв. на передний план выдвинулись три новых астрономических центра, территориально принадлежавших к Средней Азии (частично к нынешним Узбекистану и Азербайджану), но по языку и культурным основам также относившихся к миру арабской культуры. Одним из первых таких центров стал город Газни (на юго-востоке современного Афганистана, немногим более 100 км к юго-западу от Кабула) — тогда новая столица могущественного Газневидского государства монгольского завоевателя Махмуда Газневи. При его дворе



Астрономический квадрант. 1333—1334 гг.





МЕЖДУ ДРЕВНОСТЬЮ И НОВЫМ ВРЕМЕНЕМ

АСТРОНОМИЯ СРЕДНЕВЕКОВОГО БЛИЖНЕГО И СРЕДНЕГО ВОСТОКА (VIII — XV ВЕКА

Могучее государство — Арабский халифат — сформировался в VIII—X вв. в результате завоевательных войн арабских племён с Аравийского полуострова, объединённых под знаменем новой религии — ислама. Это государство простиралось от нынешних Ирана, Ирака и Средней Азии на востоке до Северной Африки и Испании на западе. Но и сами завоеватели оказались... пленниками, но уже в ином смысле — пленниками более высокой культуры покорённых ими народов. Арабская культура выросла, впитав в себя прежде всего культуру колоний Византии, которая в истории науки сыграла роль хранилища достижений древнегреческой науки. Развитие арабской культуры продолжалось и после распада к X в. Халифата на отдельные государства.

АСТРОНОМИЯ В АРАБСКОМ ХАЛИФАТЕ

Хотя уже в VII в. в руки арабов попа ли сокровища античной науки и кул туры, знакомство с ними началос лишь век спустя, и главным образо через Индию. Один из первых багда ских халифов, аль-Мансур (в Европ его называли Альманзором), собра вокруг себя учёных с Запада и из Ин дии. По его приказу в последней че верти VIII в. были переведены н арабский язык индийские сиддхант Ариабхаты и Брахмагупты. Первь попытки полного перевода знаме нитого «Мегале синтаксиса» Птолеме были сделаны двумя еврейским учёными в том же VIII в. по приказ нового халифа Гаруна аль-Рашида (ним легенды связывают знамениты



впервые в истории астрономии описал метеоритный железный дождь, выпавший в Бушандже (Индия).

Сохранилось предание о том, что газнийский властитель повелел наградить учёного за посвящённый ему труд «Канон Мас'уда» слоновьим вьюком серебра. Бируни не принял дар. «Этот груз, — сказал он, — удержит меня от научной работы. Мудрые люди знают, что серебро уходит, а наука остаётся».

В Европе Бируни стал известен только в XIX в., после появления в 1888 г. английского перевода его «Индии».

В середине XIII в. крупным центром астрономии в Средней Азии стал город Марага (на территории нынешнего Иранского Азербайджана). Здесь жил и работал в специально созданной для него в 1259 г. обсерватории, в которой трудилось около ста учёных, выдающийся среднеазиатский астроном и математик, поэт и философ Мухаммед ибн Хасан Насирэддин Туси́ (1201—1274), уроженец Хамадана (Азербайджан).

В 1256 г. внук знаменитого монгольского завоевателя Чингисхана Хулагу́-хан, захвативший Азербайджан и Иран (тогда Персию), освободил Насирэддина из крепости Аламоут (Орлиное гнездо), куда он, к тому времени уже известный учёный, был заточён во время своего путешествия тайной религиозно-политической террористической организацией и где находился уже более 20 лет. Привлечённый известностью Насирэддина Туси, хан приблизил его к себе в качестве придворного учёного и советника в государственных делах. После окончательной победы над Арабским халифатом Хулагу-хан под его влиянием перенёс столицу нового государства в Марагу, древнюю столицу Азербайджана.

Среди десятка замечательных инструментов Марагинской обсерватории выделялся стенной квадрант с радиусом дуги 6,5 м. Насирэддин Туси существенно уточнил постоянную прецессии — 51,4″ в год (современные данные 50,2″). В результате 12-летнего труда к 1271 г. был составлен новый зидж — «Ильханские таблицы» (ильханами назывались наследники Хулагу-хана). Помимо лунно-солнечных и планетных таблиц они включали и новый звёздный каталог. В течение двух веков эти таблицы были основой для составления ежегодных календарей на Среднем Востоке.

Насирэддин был выдающимся математиком. В его «Трактате о полном четырёхстороннике» плоская и сферическая тригонометрия оформились в самостоятельную науку.

Насирэддин Туси — известный острослов Востока. Во всём мире он известен как легендарный Ходжа Насреддин. С его именем связано бесчисленное множество забавных историй.

Но едва ли не самым известным стал узбекский астроном XV в. Улугбек (1394—1449), внук грозного Тамерлана (см. статью «Улугбек»).

Астрономы средневекового Ближнего и Среднего Востока прославились как искусные наблюдатели звёздного неба, строители первых в мире крупных обсерваторий и инструментов. Однако с кончиной астронома такая обсерватория вскоре ветшала и разрушалась: слишком велик был разрыв между интеллектуальным уровнем горстки



Созвездие Геркулеса. Изображение в манускрипте ас-Суфи.



Астролябия, изготовленная для шаха Хусейна Сафавиза. 1124 г.





Аль-Бируни.

долгое время жил и работал великий среднеазиатский учёный и мыслитель Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни (973— около 1050) родом из предместья (*араб.* «бирун») города Кят — столицы древнего Хорезма.

Бируни был первым учёным-энциклопедистом арабского мира. Свыше 150 его трудов охватывают астрономию и географию, физику и математику, геологию и минералогию, химию и ботанику, хотя сами эти науки были ещё далеки от своего оформления. Он также был выдающимся историком и этнографом и впервые описал в большом труде «Индия» (1030 г.) историю культуры и науки страны, где прожил несколько лет, сопровождая Махмуда Газневи в качестве придворного учёного-пленника в военных походах. Математике и астрономии посвящено свыше 40 сочинений Бируни.

Бируни был незаурядным наблюдателем и конструктором. Он построил огромный неподвижный стенной квадрант с радиусом дуги в 4 м, что впервые позволило отмечать положения Солнца и планет с точностью до 2′. Три столетия его инструмент оставался непревзойдённым. Особенно большое внимание Бируни уделял совершенствованию астролябий. Он же сделал первый географический глобус (версе, полуглобус) диаметром 5 м, с помощью которого можно было быстро определять координаты одних пунктов по известным другим. К сожалению, ни один из этих инструментов не сохранился.

Небесный глобус Мухаммеда ибн Хилаи. 674 г.



Свои многочисленные и разнообразные исследования и результаты Бируни изложил в фундаментальных сочинениях: «Книга истолкования основных начал астрономии», «Канон Мас'уда» (астрономические таблицы и звёздный каталог с традиционным посвящением правителю — Масуду, сыну Махмуда Газневи), «Геодезия», «Минералогия». Первые два сочинения несколько веков служили главными учебниками астрономии в арабском мире и вообще на Востоке. Бируни с высокой точностью измерил наклон эклиптики к экватору (23° 50′ 34″) и открыл переменность этой величины. Он оценил максимальное расстояние до Луны в 64 земных радиуса (современная оценка — 63,5), измерил градус меридиана и радиус Земли (по наблюдению понижения горизонта с вершины горы): соответственно 110,278—110,691 км и 6403 км в пересчёте на европейские единицы длины, что близко к современным данным для той широты.

В «Каноне Мас'уда» девятая из одиннадцати книг-глав почти вся занята обширным каталогом 1029 звёзд, положения которых Бируни заново вычислил из более ранних арабских зиджей с учётом прецессии. Использованное им значение постоянной прецессии, т. е. величины, на которую меняется эклиптическая долгота звёзд из-за прецессии земной оси (52,46″ в год), было уточнено Улугбеком лишь спустя четыре века.

Бируни впервые полностью перевёл «Альмагест» Птолемея и «Начала» Евклида на санскрит для индийцев. Он выступил также с критическими замечаниями о системе Птолемея.

Солнце и звёзды Бируни считал огненными шарами, а Луну и планеты — тёмными телами, отражающими солнечный свет. В его утверждениях о том, что звёзды в сотни раз больше Земли, звучали отголоски реальных измерений Солнца, например Аристарха Самосского, и убеждённость в том, что звёзды подобны Солнцу. Бируни считал их подвижными и объяснял их видимую неподвижность колоссальной удалённостью. В «Каноне» он, видимо первым, отметил существование «сдвоенных звёзд», которые трудно различить лишь из-за несовершенства нашего зрения. Едва ли не первым после древних греков Бируни обратил внимание на природу Млечного Пути, считая его также скоплением звёзд.

Бируни, возможно впервые, отметил слабое свечение неба перед рассветом и после окончания сумерек — в виде «волчьего хвоста» (зодиакальный свет). В своей «Минералогии» он



НАСРЕДДИН В МАРАГЕ

Пришёл Ходжа Насреддин в город Марагу и подал султану Хулагу-хану заявку на строительство большой обсерватории в Закавказье. Вызвал султан Ходжу Насреддина в свой дворец и спрашивает его в присутствии всего дивана:

— Ответь, Насреддин, а так ли уж полезна твоя астрономия, чтобы я выложил из казны сразу двадцать тысяч динаров на одни только гномоны, квадранты, секстанты и астролябии?

— Очень полезна, о Повелитель, — ответил Ходжа Насреддин. — Ты увидишь это сам, когда мы с тобой проведём наглядный эксперимент.

— Какой эксперимент?

— Конфиденциальный...

— Всему дивану выйти вон, — повелел султан.

— Прикажи, о Султан, завтра в полдень спустить с горы большой медный таз. Но про это не должна больше знать ни одна живая душа.

Когда в полдень медный таз с грохотом и шумом заскакал с горы, в столице началась паника, а напуганное войско Хулагу-хана разбежалось.

— Теперь ты видишь, о Султан, что только ты да я остались спокойны при этом явлении, ниспосланном свыше. И это потому, что мы знали его время и причину. Астрономия позволяет знать причины явлений и спокойно жить на Земле.

Так, если верить преданию, Ходжа Насреддин в 1259 г. изыскал деньги на постройку первой большой обсерватории в Закавказье.

забытые на Востоке, а на Запад, в Европу, дошедшие только в середине XIX в.

Главным наследием астрономов средневекового Ближнего и Среднего Востока стали их многочисленные зиджи (их сохранилось около ста). Они плодотворно использовались при изучении мира звёзд и в последующие века.



Средневековый арабский астрономический квадрант. XIV в.

УЛУГБЕК

Мирза Мухаммед ибн Шахрух ибн Тимур Улугбек Гураган, великий узбекский астроном и покровитель науки, внук знаменитого среднеазиатского завоевателя Тамерлана, родился 22 марта 1394 г. во время одного из походов своего грозного деда, в военном обозе. С 1409 г. он правил Мавераннахром, государством, расположенным в Средней Азии между реками Сырдарьёй и Амударьёй, со столицей в Самарканде. В 1447 г. после смерти своего отца Шахруха Улугбек стал правителем всей бывшей империи Тамерлана и главой династии Тимуридов. С юности он проявлял большую склонность к наукам и искусствам, особенно к математике и астрономии. Обширные познания Улугбек приобрёл, читая рукописи из богатейшей библиотеки, собранной его отцом, и общаясь с видными учёными своего времени — математиками и астрономами Джемшидом Гияс-ад-дин-ал-Каши и Казы-заде-ар-Руми. Свою власть и богатства он направлял в основном на развитие наук и образования в стране, строил высшие школы-медресе и читал в них лекции по астрономии. По отзывам современников, Улугбек был незаурядным учёным.

В 1417—1420 гг. по совету ал-Каши и по проекту Улугбека, ар-Руми и зодчего Тахира ибн Мухаммеда в 2 км от Самарканда была построена астрономическая обсерватория, ставшая самой знаменитой на Среднем и Ближнем Востоке. Её трёхъярусное цилиндрическое здание диаметром более 48 м и высотой не менее 30 м было сооружено на холме. Оно возвышалось над окружающей местностью на высоту современного 12—13-этажного дома. Главным её инструментом был громадный стенной квадрант (использовавшийся как секстант, т. е. на протяжении дуги в 1/6 окружности) с радиусом 40,2 м. Мраморная дуга квадранта имела ширину 2 м. Верхним концом она упиралась в крышу здания (которое по существу было оболочкой для этого инструмента), а нижним уходила на 10 м под землю, размещаясь в вырубленной в скале траншее. Инструмент был установлен

Улугбек.





учёных и культурой большинства населения этих империй.

Что касается самой теории Птолемея, то собственно арабские, а затем и среднеазиатские астрономы главным образом совершенствовали её математический аппарат. Принцип геоцентризма сомнению не подвергался.

Арабские учёные не внесли новых идей в общую картину мира. Исключением можно назвать великого мыслителя Бируни. Однако и его идеи об устройстве мира не были ещё достаточно прочными и вплоть до конца XIX в. оставались неизвестными европейской науке.

Ещё более чуждыми своей эпохе были высказывания Омара Хайяма о бесконечности Вселенной, также не нашедшие отклика и совершенно

ВЕЛИЧАЙШИЙ ПОЭТ СРЕДИ АСТРОНОМОВ

Не была познанья жажда
чуждой сердца моего,
Мало тайн осталось в мире,
не доступных для него.
Семьдесят два долгих года
размышлял я дни и ночи,
Лишь теперь уразумел я,
что не знаю ничего.

Омар Хайям

18 мая 1048 г., в год кончины аль-Бируни, родился выдающийся поэт и учёный арабского мира Гиясаддин Абу-аль Фатх ибн Ибрахим Омар Хайям, начавший и окончивший свою долгую жизнь (он умер после 1122 г.) в городе Нишапуре в Персии. Он работал в крупнейших научных и культурных центрах Средней Азии — Балхе, Самарканде, Исфахане, Бухаре, где прославился как великий математик. Его наперебой звали ко двору властители Востока. Правитель Бухары в знак наивысшего уважения сажал его для беседы рядом с собой на престол. В столице могущественного Сельджукского государства Исфахане (Иран) прошли наиболее плодотворные 18 лет жизни Хайяма. Он стал приближённым султана, но отказался принять власть над родным городом Нишапуром. «Не хочу, — сказал Хайям, — управлять людьми, приказывать и запрещать, а хочу посвятить себя науке и людям». Имам Хорасана, Учёнейший Муж Века, Знаток Истины, Царь Философов Востока и Запада — таков неполный список почётных титулов Омара Хайяма в зените славы.

В математике Омар Хайям в геометрической форме дал решение уравнений до третьей степени и, рассмотрев сочинение Евклида, предложил оригинальную теорию параллельных. В Исфахане он по поручению султана возглавил астрономическую обсерваторию, тогда крупнейшую в мире, где в течение многих лет систематически наблюдал небо. Великолепным результатом наблюдений стал разработанный в 1079 г. Омаром Хайямом новый солнечный календарь, который 700 лет спустя Пьер Лаплас назвал самым точным. В его основу был положен 33-летний цикл смены високосных лет: в течение него високосными были приняты 8 лет (по 366 дней). Год начинался с весеннего равноденствия, т. е. соответствовал ритмам природы и сельским работам. Весенние и летние месяцы такого года длились 31 день, все месяцы второй его половины — 30 дней. В простые годы последний месяц имел 29 дней. Ошибка в одни сутки накапливалась в календаре Омара Хайяма лишь за 5 тыс. лет. Календарь действовал в Иране почти тысячу лет и был отменён только в 1976 г.

Сохранились лишь отдельные научные работы Омара Хайяма, но молва приписывала ему предсказания солнечных и лунных затмений.

Всемирную известность Омар Хайям получил как великий поэт, творец прекрасных рубайй — кратких и мудрых четверостиший. В них он предстаёт перед нами глубоким философом, великим гуманистом и жизнелюбом, человеком независимого, гордого, духа и трагической судьбы. В некоторых рубайи отражены его астрономические и космологические представления.

* * *

*От земной глубины до далёких
планет
Мирозданья загадкам нашёл я
ответ.
Все узлы развязал, все оковы
разрушил,
Узел смерти одной не распутал я,
нет!*

* * *

*Разум смертных не знает, в чём
суть Твоего бытия.
Что Тебе непокорность моя
и покорность моя?
Опьянённый своими грехами,
я трезв в упованье,
Это значит: я верю, что милость
безмерна Твоя.*

* * *

*О небо, ты бездонно! О небо,
ты безгранно!
Так что же ты нас, малых,
терзаешь невозбранно?
Истрачен я, измучен, напастями
навьючен.
Доколе же ты будешь мне сыпать
соль на раны?*

* * *

*Мы для плоти Вселенной —
душа её, суть,
Мы, кому в её тайны дано
заглянуть.
Присмотрись — лучше нас ничего
нету в мире,
Мы связуем миры, между ними —
наш путь!*



ные координаты светил, были составлены таблицы для предвычисления затмений (начала, окончания, типа затмения), что имело большое практическое значение — метод лунных затмений был тогда единственным для определения разности долгот различных пунктов. Полученные Улугбеком данные о годовых движениях планет отличались от истинных всего на несколько секунд дуги.

С меньшими инструментами и с меньшей точностью (до 10—15′) измерялись координаты звёзд. Впервые за 16 столетий (после Гиппарха) на основе *непосредственных наблюдений* был создан каталог 1018 звёзд. Заново были измерены координаты около 700 из них, остальные перерассчитаны с учётом прецессии.

Все эти фундаментальные научные результаты вошли в главный труд Улугбека и его сотрудников — «Новые Гураганские таблицы», или «Зидж-и джедид-и Гурагони». В большом «Введении» из четырёх частей описаны основы теоретической и практической астрономии, включая новые результаты: системы летосчисления у разных народов с таблицами переходов между ними, составленными Улугбеком; вопросы практической астрономии и математический аппарат (тригонометрические таблицы Улугбека); географические координаты 683 городов Европы и Азии, включая Русь; методы определения важного для мусульман направления на Мекку — место захоронения основателя ислама пророка Мухаммеда (азимут Киблы); теория движения планет (Птолемеева геоцентрическая). В небольшой четвёртой части традиционно рассматривались вопросы астрологии. Главное место в этом труде занимали звёздный каталог и таблицы движения Солнца, Луны и планет. На Востоке ими пользовались вплоть до XVIII в. В Европе фрагменты из таблиц впервые были переведены и опубликованы в 1665 г. (в Оксфорде), а позднее, в 1853 г., было опубликовано теоретическое «Введение» (в Париже). В 1917 г. увидел свет напечатанный в США звёздный каталог Улугбека.

(6)

Tabula de locis Stellarum fixarum secundùm Longitudinem & Latitudinem quam Observatione nostrâ invenimus [illegible] Hegyra [illegible] quadragesimi primi.

Stellæ Figuratum Borealium

	1. Stellæ Ursæ minoris.	Nomina celebria aliquot Stellarum.	Long. Sig.	Long. Gr.	Long. Min.	Lat. Gr.	Lat. Min.		Magn.
1	Stella quæ est in extremitate caudæ	Gjedi.	2	20	19	66	17	[illegible]	3
2	Quæ post eam est in cauda		2	22	25	70	0		4
3	Quæ post hanc est ante radicem caudæ		3	0	55	73	45		4
4	Stella Australis in præcedenti latere Quadranguli		3	27	13	75	36		4
5	Stella Borealis in eodem latere		3	24	15	78	0		5
6	Stella Australior duarum quæ sunt in sequenti latere	Anver Alpherkadin.	4	5	25	73	0		2
7	Stella Borealior in eodem latere	Achyha Alpherkadin.	4	13	55	75	9	B.	3
	Extra hanc Figuram								
1	Stella Australis quæ est rectâ super Alpherkadin		4	0	55	71	45	B	4

(7)

Страница «Таблиц широт и долгот» ас-Суфи на латинском и таджикском языках.

Однако сама обсерватория Улугбека уже в XVII в. исчезла с лица Земли. Великий центр культуры и науки Среднего Востока разделил судьбу других таких же центров, возникавших в полной изоляции от интересов



Подземная часть мраморной дуги квадранта обсерватории Улугбека.





Медресе и соборная мечеть Улугбека.

строго в меридиане (отклонение не превышало 10″!).

По сравнению с унаследованными от Птолемея стенными квадрантами это был принципиально новый угломерный инструмент, предназначенный главным образом для измерения высоты Солнца в кульминации. В обычных квадрантах и секстантах направление на светило фиксировалось с помощью подвижной линейки (алидады), направленной по радиусу дуги инструмента. На ней укреплялись два диоптра, сквозь которые наблюдатель смотрел на светило и таким образом наводил на него алидаду. Её нижний конец при этом указывал на градуированной дуге высоту или зенитное расстояние светила в момент кульминации. Наблюдения Солнца с помощью такого инструмента часто приводили к слепоте наблюдателя.

В X в. известный среднеазиатский мастер ал-Ходжанди изобрёл и впервые построил в городе Рей под Тегераном так называемый секстант Фахри, традиционно названный в честь тогдашнего местного правителя. Его дуга радиусом 20 м располагалась в закрытом павильоне. Она была частично заглублена в землю. В крыше, в точке, совпадавшей с центром дуги, проделывалось отверстие, сквозь которое светило в момент кульминации бросало луч на градуированную дугу. Луч заменял громоздкую при таких размерах алидаду. Инструмент благодаря этой гениально простой находке был безопасен для зрения. Улугбек увеличил его размеры вдвое, отчего возросла и его точность.

Свет от небесного тела (главным образом от Солнца) проникал в помещение квадранта сквозь отверстие в верхней части южной стены обсерватории. Изображение светила наблюдалось на круглом белом экране с нанесённым на нём крестом, отмечавшим его центр. Экран мог перемещаться в полуметровом по ширине жёлобе, проходившем по центральной части дуги квадранта. Общая длина дуги составляла более 60 м; градус на ней был равен 70,2 см, минута — 11,7 мм, и даже угловая секунда была ещё уловимой для глаза (0,2 мм). Рабочей частью дуги являлся промежуток от 20 до 80°. Инструмент использовался также для наблюдений Луны и планет, правда уже с помощью специальных подвижных визиров для наведения. Высочайшую по тем временам точность этого инструмента обеспечивала помимо громадных размеров систематичность самих наблюдений, непрерывных в течение десятков лет, — полных циклов обращений всех светил. Наибольшим был цикл Сатурна — 30 лет.

Наблюдательной площадкой служила и плоская круглая крыша обсерватории, где размещались вращающийся квадрант, переносные угломерные инструменты и солнечные часы.

Основные результаты наблюдений Солнца оставались непревзойдёнными несколько веков. В обсерватории Улугбека были определены: наклон эклиптики к экватору, равный 23° 30′ 17″, т. е. меньше истинного для той эпохи всего на 32″; положение точки весеннего равноденствия; наиболее точное значение постоянной прецессии по сравнению с предшествующими (51,4″, что лишь на 1,1″ больше истинного).

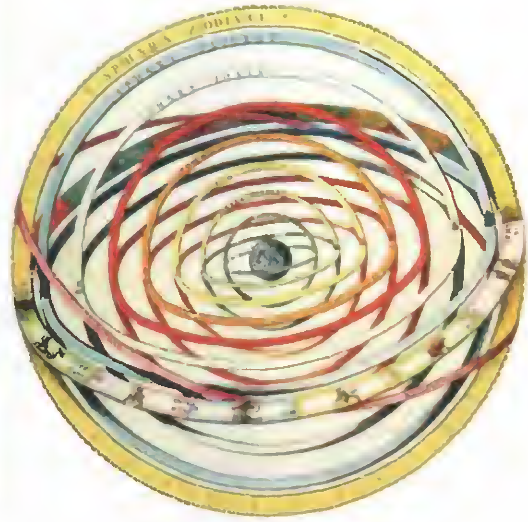
Различными методами были измерены экваториальные и горизонталь-

Схема обсерватории Улугбека.









◂◂ Астрономические наблюдения в эпоху Средневековья.

▴ Орбиты планет Солнечной системы. Иллюстрация из «Небесного атласа» А. Целлариуса. 1660 г.

значительно позднее, была универсальным языком европейской науки: на ней писали Коперник, Кеплер, Ньютон и даже Ломоносов. Арабская же культура сыграла огромную роль в нашей цивилизации, оказавшись связующим звеном между античностью и Ренессансом. Бируни, Ибн Сина, ас-Суфи, Улугбек, Хорезми не только сохранили наследие античной науки, но и дополнили его.

Однако качественного перевода «Альмагеста» на латынь через арабский язык не существовало. Ведь при переводе сложного научного текста необходимо, чтобы переводчик не только хорошо знал язык, но и был специалистом по теме перевода.

Таким образом, в начале XV в. для европейской астрономии стало необходимым получить сделанный специалистом-астрономом прямой перевод «Альмагеста» с древнегреческого на латынь. Эту задачу выполнили два астронома, которым помогал просвещённый кардинал.

• • •

Иоганн Мюллер родился в 1436 г. в маленьком тогда городке Кёнигсберге, в Баварии. Как следует из его фамилии, он происходил из семьи мельника. В школе Иоганн проявил необыкновенные способности и в 11 лет уже стал студентом Лейпцигского университета.

Пробыв в Лейпциге около трёх лет, Иоганн перевёлся в Вену, где математику преподавали лучше, чем в Лейпциге. Там его учителем стал Георг Пурбах (1423—1461), выдающийся астроном своего времени и блестящий лектор. Сразу распознав в молодом студенте талантливого человека, Пурбах стал не только его профессором, но и наставником. Он умер сравнительно молодым, но взял со своего ученика обещание сделать прямой перевод «Альмагеста». Региомонтан — а такой псевдоним выбрал для себя Мюллер из Кёнигсберга (от *лат.* regio montanus — «королевская гора») — свято выполнил завет своего учителя.

Молодой магистр Иоганн жил в Вене, наблюдал Луну и планеты, составлял календари и издавал античные трактаты по математике. Однако главным был «Альмагест».

В 1453 г. турки овладели Константинополем и Византийская империя прекратила своё существование. Толпы беженцев, спасая самое ценное, что у них оставалось, — книги, направились в Италию. В Европе почувствовали надвигавшуюся опасность и попытались организовать крестовый поход против турок. Важную роль в этом процессе сыграл выдающийся церковный политик того времени — кардинал Виссарион, по происхождению византиец.



Иоганн Мюллер (Региомонтан).



правящих кругов общества и невежественного народа. В борьбе за власть между потенциальными наследниками Улугбек, вызывавший недовольство и при дворе, и в среде духовенства, 27 октября 1449 г. был убит с согласия собственного сына. Многие из работавших с ним в обсерватории бежали из страны.

Великолепное здание обсерватории сопротивлялось времени свыше полутора веков. И лишь в XX столетии самоотверженными усилиями русских археологов были найдег его следы и сохранившаяся подзе ная часть квадранта. Раскопки обсе ватории начал В. Л. Вяткин в 1908 Их продолжили М. Е. Массон 1941 г. и В. А. Шишкин в 1948 г. В н стоящее время на месте обсерват рии сооружён небольшой муз Улугбека. Ведутся поиски его ун кальной библиотеки. Имя этого в ликого учёного и просветителя у ковечено в названии кратера видимой стороне Луны.

ВОЗРОЖДЕНИЕ В АСТРОНОМИИ: ПУРБАХ И РЕГИОМОНТАН

Герард Доу. Астроном. Около 1628 г.



В XV и XVI вв. под влиянием античной культуры в Европе начался небывалый подъём литературы, живописи, скульптуры, науки. Призраки Средневековья стали меркнуть перед светлыми образами греческой цивилизации. Книгопечатание и искусство гравюры способствовали быстро распространению возрождённого а тичного знания (вернее, уже ново европейского). Леонардо да Винч Рафаэль, Данте, Торквато Тассо, Джо то — вот некоторые из гениев т эпохи, нуждавшейся в титанах и п родившей их.

Что предстояло заново открыть греков европейским астронома Возрождения? Без преувеличен можно сказать, что именно в греч ской античности были заложен основы научного метода, изменивш го ход истории человечества. Инте лектуальное свободомыслие учёны античной Греции, проверка самы фантастических гипотез теорема геометрии Евклида, научные диску сии, заканчивавшиеся дружеским п ром, а не отдачей неугодных опп нентов под суд, — всё это оче нескоро станет возможным для евр пейской науки.

Впрочем, тогда европейцы об это не думали. Свою задачу они видели том, чтобы освоить достижения вел кой античной науки. Начать предст яло с непревзойдённого «Альмагест название которого именно означа «величайший».

Астрономы европейского Возро дения уже имели латинский перев «Альмагеста», сделанный с арабско перевода. Латынь в те времена, да



ствии Виссарион преподнёс её в подарок Венеции.

В 1467 г. Региомонтан уже находился в Венгрии, где помогал просвещённому королю Матиашу Корвину собирать библиотеку. Через четыре года, однако, Венгрию пришлось покинуть — начавшаяся смута не способствовала научной работе Региомонтана. В 1471 г. он направился в Нюрнберг.

В конце XV в., да и впоследствии, Нюрнберг был процветающим торговым городом. Городская верхушка, называвшая себя патрициями, покровительствовала наукам и искусствам (здесь вырос, например, гений Альбрехта Дюрера). Политическая ситуация там также казалась стабильной. Всё это позволило Региомонтану думать, что он найдёт в этом городе почву для осуществления своих планов.

А проекты эти были весьма обширными. Во-первых, Региомонтан хотел организовать изготовление металлических астрономических инструментов — более точных, чем деревянные. С такими инструментами можно было бы организовать систематические наблюдения, получить данные для построения новых, более совершенных астрономических теорий. Нужна была Региомонтану и типография для печатания собственных трудов, а также важнейших произведений классиков астрономии. «Должны быть устранены ошибки и описки — эти противники истины, из-за которых обесцениваются лучшие произведения», — их и в самом деле накопилось множество из-за многократного переписывания. Предполагалось напечатать 29 классических книг. Первым Региомонтан издал текст лекций своего учителя Пурбаха — «Новую теорию планет».

В своём плане развития астрономии Региомонтан предусмотрел именно те предприятия, которые через сто лет осуществил Тихо Браге при создании Ураниборга, наблюдения в котором привели к открытию законов Кеплера.

Регимонтан пользовался поддержкой нюрнбергских патрициев: один из них, Бернгардт Вальтер, субсидировал его начинания и сам



◄ Николай Коперник, Региомонтан, Птолемей, Тихо Браге, аль-Баттани. Иллюстрация к «Рудольфовым таблицам». И. Кеплера. 1527 г.

Звёздный глобус с часами. 1579 г. ▼







Иллюстрация к изданию «Эпитомы» Пурбаха — Региомонтана. Внизу — изображения Птолемея и Региомонтана. 1496 г.

Альбрехт Дюрер. Фигуры созвездий северного неба. Гравюра. 1515 г.



Сын простых родителей, Виссарион в 35 лет стал архиепископом и неудачно попытавшись объединить Католическую Церковь с Православной, превратился в изгнанника. Перейдя в католичество, он стал кардиналом. Виссарион переводил Теофраста и Платона, собирал спасённые византийские книги, способствовал заключению брака между великим князем московским Иваном III и византийской принцессой Зоей Палеолог — и всё это в безуспешной попытке отбить Константинополь у неверных. Именно с этой целью он и появился весной 1461 г. в Вене.

Довольно быстро Виссарион свёл знакомство с Пурбахом и Региомонтаном, вручил им бесценный подарок — греческий экземпляр «Альмагеста» — и предложил поехать с ним в Италию совершенствоваться в греческом языке. Неожиданно Пурбах заболел и умер, и его ученик отправился в Рим в свите кардинала один.

Осенью 1461 г. Региомонтан покинул Вену навсегда. Лишь через 35 лет, в 1496 г., сокращённый перевод «Альмагеста» в виде упрощённого учебного пособия увидел свет.

В Риме Иоганн изучал греческий, помогал Виссариону комплектовать библиотеку, работал над «Эпитомой» (*греч.* «краткое изложение») Птолемея и писал свой главный труд — «Пять книг о треугольниках всякого рода». Среди гостей кардинала были итальянские просветители, а также выходцы из Византии, в том числе преподаватель греческого языка Георгий Трапезундский, который перевёл «Альмагест» на латынь. Перевод был настолько плох, что Региомонтан составил целое сочинение, посвящённое его критике.

Спустя два года Региомонтан сопровождал Виссариона в Венецию, где тому удалось-таки уговорить могущественную республику объявить войну туркам. Там хорошо понимали, что эта новая сила блокировала Великий шёлковый путь, приносивший городу сказочные доходы. Региомонтан общался с венецианскими греками и покупал у них книги для библиотеки кардинала. Впослед-



шей. Орден потерпел поражение и вынужден был вернуть Польскому королевству Гданьск и некоторые другие области, в том числе Вармию. Эта небольшая область была практически со всех сторон окружена землями Тевтонского ордена и только на западе имела неширокий участок границы с Польшей. Вармия была епископским княжеством, т. е. епископ имел в ней и духовную и светскую власть. Там, на берегу Вислинского залива, стоял городок Фромборк — центр Вармийского епископата, где Коперник провёл большую часть жизни.

В ПОЛЬШЕ И ИТАЛИИ

Николай Коперник родился 19 февраля 1473 г. в Торуни, торговом городе на Висле. Отец будущего астронома, тоже Николай, был богатым купцом, мать, Барбара, урождённая Вачепроде, — дочерью главы городского суда. Николай был четвёртым, младшим, ребёнком в семье. Когда ему исполнилось десять лет, отец умер во время эпидемии чумы, и заботу о детях взял на себя брат матери Лукаш Вачепроде, который в 1489 г. был избран вармийским епископом.

В 1491 г. он определил Николая и его старшего брата Анджея в Краковский университет, где они проучились четыре года. Здесь Николай увлёкся астрономией. Этот интерес поддержали астрономические события, которыми были богаты годы его учёбы, — три солнечных затмения, комета, соединение (видимое сближение) Юпитера и Сатурна. Тогда же Европу всколыхнула весть об открытии Христофором Колумбом заокеанских земель.

После Кракова братья продолжили образование в Италии, куда Лукаш послал их для получения степени доктора канонического (церковного) права. В Италии, которая в те времена была сердцем эпохи Возрождения, Николай и Анджей провели семь лет. Сперва они учились в Болонье, где Николай провёл ряд астрономических наблюдений. В Италии он познакомился с только что изданным сокращённым переводом на латынь «Альмагеста» Птолемея, выполненным Региомонтаном. В 1500 г. Николай посетил Рим, а после поездки на родину два года изучал медицину в Падуанском университете. В Италии он легко овладел древнегреческим языком. Знание этого языка позволило Копернику прочесть в подлиннике сочинения



Коперник наблюдает лунное затмение 6 ноября 1500 г. в Риме.

Старая улочка Св. Анны (ныне улица Коперника) в польском городе Торуни. Здесь в небольшом кирпичном доме (третьем справа) родился Коперник.









Средневековые итальянские звездочёты при помощи астролябий наблюдают положения звёзд. Здесь же проводятся математические вычисления. Старинная арабская карта.

наблюдал на новых инструментах, вписав таким образом своё имя в историю астрономии.

В 1474 г. Региомонтан опубликовал знаменитые «Эфемериды» (от *греч.* «эфемерос» — «однодневный»), т. е. таблицы положений планет на каждый день, с 1475 по 1506 г., содержавшие около 300 тыс. многозначных чисел. Эти таблицы были у штурманов эскадры Колумба. Папа пригласил Региомонтана участвовать в работе по реформе календаря. Осенью 1475 г. он направился в Рим, а в июне 1476 г. неожиданно умер. Ходили слухи, что Региомонтана отравили сыновья Георгия Трапезундского. Лишь через 20 лет вышла его «Эпитома».

Имена Пурбаха, Виссариона и Региомонтана увековечены в названиях кратеров на видимой стороне Луны.

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК. «ОСТАНОВИВШИЙ СОЛНЦЕ, СДВИНУВШИЙ ЗЕМЛЮ»

На пьедестале памятника Копернику в Варшаве высечены слова: «Остановивший Солнце, сдвинувший Землю».



Николай Коперник.

В них вся суть открытия Коперника. Ему удалось убедить людей в том, что они живут не в надёжном и неподвижном центре мира, а обитают на одной из планет, обращающихся вокруг Солнца. Нужно было обладать титаническим разумом и великой свободой мысли, чтобы сделать этот шаг — упразднить различие между земным и небесным.

ОРДЕН И ВАРМИЯ

Жизнь Коперника была тесно связана с Вармией — небольшой областью на севере Польши. В XII в. недалеко от этих мест, на землях славянского племени прусов, обосновался созданный в течение крестовых походов Тевтонский орден. Со временем рыцари ордена подчинили себе всё балтийское побережье Польши. В 1454 г., за 19 лет до рождения Коперника, в этих местах началось восстание, направленное против ордена, которое привело к 13-летней войне между ним и Поль-



судить по упоминаниям в его главном труде «О вращениях небесных сфер».

Цель наблюдений Коперника заключалась не в открытии новых небесных явлений. Астрономы Средневековья занимались тем, что измеряли положения светил и сравнивали свои данные с результатами расчётов по схемам Птолемея. Многие поколения астрономов подправляли систему птолемеевых эпициклов, чтобы предсказывать положения планет более надёжно. В результате точность предсказаний оставляла желать лучшего, а Вселенная Птолемея усложнилась так, что было ясно — Бог не мог создать мир таким несуразным. В записи Коперника о наблюдении им Марса в противостоянии (по отношению к Солнцу) 5 июня 1512 г. сказано: «Марс превышает расчёт больше чем на 2 градуса». Как и другие астрономы, он думал об улучшении расчётных схем.

Первоначально и Коперник стремился сделать модель Птолемея более стройной и простой. В простоте, был он уверен, кроется истина.

Путь к упрощению подсказал сам Птолемей, на страницах «Альмагеста» отвергнувший вращение и обращение Земли вокруг Солнца. Но то, что было несуразно полторы тысячи лет назад, стало предметом раздумий Коперника.

Движение Земли просто объясняло многие явления: годовое движение Солнца по эклиптике, прецессию земной оси (если уподобить Землю покачивающемуся волчку), «привязанность» Меркурия и Венеры к Солнцу, необычайную яркость Марса во время его противостояний и, наконец, петлеобразное движение планет. (Мы наблюдаем движущиеся планеты с движущейся Земли.)

Тогда Коперник «принял на себя труд прочитать книги всех философов, которые только мог достать, желая найти, не высказывал ли когда кто-нибудь мнения, что у мировых сфер существуют движения, отличные от тех, которые предполагают преподающие в математических школах...». И он нашёл у Цицерона, что мнения о вращении Земли вокруг оси придерживались пифагорейцы Экфант и Гикет. Аристотель сообщал о её орбитальном движении согласно воззрениям пифагорейца Филолая. Коперник, к сожалению, не знал гелиоцентрической системы Аристарха Самосского, поскольку рассказ Архимеда о ней был опубликован в Европе после его смерти. Авторитет античных учёных укрепил Коперника в желании довести до конца гелиоцентрическую теорию.

Много позже, в посвящении к своему главному труду, адресованному

ОБЪЯСНЕНИЕ ПРЕЦЕССИИ

Коперник впервые объяснил явления прецессии как следствия поворота земной оси. Его ученик Ретик так пишет о видимом движении неба звёзд в новой системе: «Между рассматриваемыми и новыми гипотезами имеется только та разница, что в новых... на звёздной сфере никакого круга, кроме эклиптики, собственно говоря, мысленно не описывается. Что же касается остальных, именно экватора, двух тропиков... вертикалов, кругов, высот, параллелей и т. д., то они по существу чертятся на земном шаре и затем в каком-то отношении переносятся на небо». Поэтому изменение положения точек равноденствий может быть вызвано только поворотом земной оси. Ведь они являются местом пересечения эклиптики с экватором. Но поскольку на небе есть лишь эклиптика, то их смещение должно происходить только за счёт движения экватора, а он — след на небе плоскости земного экватора.



Планисфера Коперника.



древних учёных — Аристотеля, Платона и, главное, Птолемея.

ФРОМБОРКСКАЯ БАШНЯ

Получив степень доктора канонического права, 30-летний Коперник возвратился в Польшу и был избран каноником Вармии — членом высшей духовной и административной курии епископата. Несколько лет он жил в епископском замке в Лидсбарке и находился в непосредственном подчинении епископа, своего дяди Лукаша, являясь одновременно его секретарём и врачом. Несмотря на множество дел, Коперник не забывал астрономию, и близкие считали его выдающимся знатоком этой науки. В 1512 г. Лукаш Ваченроде скончался, и начался фромборкский период жизни учёного.

Кафедральный собор Успения Богородицы во Фромборке, в котором служил отец Николай, — одна из главных святынь польского католичества. Собор был окружён крепкой стеной с оборонительными башнями и мог, если надо, служить крепостью. Коперник выбрал для жилья не слишком уютное место — северо-западную башню соборной стены. На её верхнем этаже он и устроил свой кабинет. Оттуда был выход на широкую крепостную стену с хорошим обзором. По ней можно было пройти к соседней башне, на которой была подходящая площадка для наблюдений другой части неба. Коперник собственноручно изготовил из дерева угломерные астрономические инструменты, подобные описанным в «Альмагесте». Среди них «трикветрум» — шарнирный треугольник, одна из планок которого наводилась на светило, а по другой вёлся отсчёт, «гороскопий», или солнечный квадрант, — вертикальная плоскость с выступающим стерженьком в верхнем углу. Прибор устанавливался по линии север — юг и позволял по направлению полуденной тени в моменты солнцестояний судить о наклоне эклиптики к небесному экватору. Не менее важным инструментом была армиллярная сфера — вложенные друг в друга поворотные кольца, которые служили моделью небесных координат и давали возможность получать отсчёты по нужным направлениям. Фромборк с точки зрения погодных условий и географического положения не был благоприятным местом для наблюдений, тем не менее Коперник много наблюдал, о чём можно

▸▸ Северо-западная башня крепостной стены XIV в. во Фромборке, в которой Коперник устроил свою обсерваторию.

Ян Матейко. Портрет Николая Коперника. ▾







ров, а также новый, более точный, чем у Птолемея, каталог неподвижных звёзд. В ней разбирается видимое движение Солнца, Луны и планет. Поскольку Коперник использовал только круговые равномерные движения, ему пришлось потратить много сил на поиски таких соотношений размеров системы, которые бы описывали наблюдаемые движения светил. После всех усилий его гелиоцентрическая система оказалась ненамного точнее птолемеевской. Сделать точной её удалось только Кеплеру и Ньютону.

КАЛЕНДАРЬ, ВОЙНА...

1 декабря 1514 г. в Риме состоялся собор Католической Церкви, на который от Вармии поехал друг Коперника Бернард Скультети. На соборе обсуждался вопрос о назревшей календарной реформе. Со времени принятия Церковью юлианского календаря действительное время весеннего равноденствия ушло от календарной даты на целых десять дней. Поэтому была создана уже не первая комиссия по реформе календаря, которая обратилась с просьбой к «императору, королям и университетам» прислать свои соображения по этому поводу. Вероятно, по рекомендации Скультети в число экспертов включили и Коперника.

С того времени, возможно по просьбе комиссии, учёный занялся наблюдениями для уточнения длины года. Найденная им величина стала основой для календарной реформы 1582 г. Определённая Николаем Коперником длина года составляла 365 суток 5 ч 49 мин 16 с и превышала истинную всего на 28 с.

Тем временем обстановка в Вармии накалялась. Всё чаще случались набеги вооружённых банд со стороны орденской Пруссии. Переговоры и жалобы в Рим ничего не давали. Осенью 1519 г., когда Коперник возвратился во Фромборк, польские войска вошли на территорию ордена. Началась война, которая длилась полтора года и снова закончилась его поражением. Копернику пришлось в

СВЯТЕЙШЕМУ ПОВЕЛИТЕЛЮ ВЕЛИКОМУ ПОНТИФИКУ ПАВЛУ III ПРЕДИСЛОВИЕ НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА К КНИГАМ «О ВРАЩЕНИЯХ»

Я достаточно хорошо понимаю, Святейший Отец, что, как только некоторые узнают, что в этих моих книгах, написанных о вращении мировых сфер, я придал земному шару некоторые движения, они тотчас же с криком будут поносить меня и такие мнения. Не до такой уж степени мне нравятся мои произведения, чтобы не обращать внимания на суждения о них других людей. Но я знаю, что размышления человека-философа далеки от рассуждений толпы, так как он занимается изысканием истины во всех делах в той мере, как это позволено Богом человеческому разуму. Я полагаю также, что надо избегать мнений, чуждых правды.

Наедине сам с собой я долго размышлял, до какой степени нелепой моя гипотеза покажется тем, которые на основании суждения многих веков считают твёрдо установленным, что Земля неподвижно расположена в середине неба, являясь как бы его центром. Поэтому я долго в душе колебался, следует ли выпускать в свет мои сочинения, написанные для доказательства движения Земли, и не будет ли лучше последовать примеру пифагорейцев и некоторых других, передававших тайны философии не письменно, а из рук в руки, и только родным и друзьям. Мне кажется, что они, конечно, делали это не из какой-то ревности к сообщаемым учениям, как полагают некоторые, а для того чтобы прекраснейшие исследования, полученные большим трудом великих людей, не подверглись презрению тех, кому лень хорошо заняться какими-нибудь науками, если они не принесут им прибыли. Когда я всё это взвешивал в своём уме, то боязнь презрения за новизну и бессмысленность моих мнений чуть было не побудила меня отказаться от продолжения задуманного произведения.

Но меня, долго медлившего и даже проявлявшего нежелание, увлекли мои друзья. Они говорили, что чем бессмысленнее в настоящее время покажется многим моё учение о движении Земли, тем больше оно покажется удивительным и заслужит благодарности после издания моих сочинений, когда мрак будет рассеян яснейшими доказательствами. Побуждённый этими советчиками и упомянутой надеждой, я позволил наконец моим друзьям издать труд, о котором они долго меня просили.

Если и найдутся какие-нибудь пустословы, которые, будучи невеждами во всех математических науках, всё-таки берутся о них судить и на основании какого-нибудь места Священного Писания, неверно понятого и извращённого для их цели, осмелятся порицать и преследовать это моё произведение, то я, ничуть не задерживаясь, могу пренебречь их суждением, как легкомысленным... Математика пишется для математиков, а они, если я не обманываюсь, увидят, что этот наш труд будет в некоторой степени полезным также и для всей Церкви.

Книга со свечой на столе в зале Коперника Ольштынского замка.

▸ Рукопись предисловия Коперника к книге «О вращениях небесных сфер».

Титульный лист книги Коперника «О вращениях небесных сфер».

Папе Павлу III, Николай Коперник вспоминал: «Я не хочу скрывать от Твоего Святейшества, что к размышлениям о другом способе расчёта мировых сфер меня побудило именно то, что сами математики не имеют у себя ничего вполне установленного относительно исследования этих (небесных) движений... И самое главное, так они и не смогли определить форму мира и точную соразмерность его частей».

Геоцентрические системы Евдокса и Птолемея не позволяли измерить расстояния до планет. В гелиоцентрической системе Коперника впервые появилась возможность рассчитать реальные пропорции Солнечной системы, пользуясь радиусом земной орбиты как астрономической единицей. Коперник понял, что если мы смотрим на планеты, находясь на движущейся Земле, то планеты кроме движений по своим орбитам получают дополнительное круговое движение. С Земли оно будет видно в форме эпицикла. Размер эпицикла равен диаметру орбиты нашей планеты. Поэтому чем дальше от нас планета, тем меньшим будет казаться эпицикл, и по его угловым размерам можно судить о её удалённости. В системе Коперника «...последовательность и величины светил, все сферы и даже само небо окажутся так связанными, что ничего нельзя будет переставить ни в какой части, не производя путаницы в остальных частях и по всей Вселенной».

«О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР»

Казалось бы, дело сделано, новая гипотеза строения мира готова, осталось только опубликовать её. Около 1515 г. появилось рукописное сочинение Коперника «Малый комментарий о гипотезах, относящихся к небесным движениям». Правда, здесь он не даёт математических доказательств, замечая, что «они предназначены для более обширного сочинения». Это сочинение — «О вращениях небесных сфер. Шесть книг» — заняло больше 20 лет упорного труда. Астроном считал, что разработка гипотезы должна быть непременно доведена до чисел, больше того — до таблиц, чтобы полученные с её помощью данные можно было сравнить с действительными движениями светил.

В начале книги Коперник вслед за Птолемеем излагает основы действий с углами на плоскости и, главное, на сфере, относящиеся к сферической тригонометрии. Здесь учёный внёс в эту науку много нового, выступив как незаурядный математик и вычислитель. Среди прочего Коперник приводит таблицу синусов (правда, это название не применяет) с шагом в десять угловых минут. Но, оказывается, это лишь выдержка из более обширных и точных таблиц, которые он вычислил для своих расчётов. Их шаг составляет одну угловую минуту, а точность — семь десятичных знаков! Для этих таблиц Копернику потребовалось вычислить 324 тыс. величин. Эта часть сочинения и подробные таблицы были позже изданы отдельной книгой.

Книга «О вращениях» содержит описания астрономических прибо-



ние было рискованным, поездка протестанта в католическую Вармию к учёному-католику могла отрицательно сказаться на дальнейшей карьере гостя. Но смелый и любознательный Иоахим Ретик решился.

Ретик прибыл во Фромборк в мае 1539 г., рассчитывая погостить у Коперника пару месяцев, но остался у него почти на два года. Иоахим поддался обаянию интеллекта учёного и сразу оценил научный подвиг, творившийся вармийским отшельником. А Копернику в Ретике понравились энергия и увлечённость наукой. Ретик под руководством Коперника погрузился в изучение рукописи «О вращении» и стал его постоянным собеседником. Он дал престарелому учёному то, чего Коперник был лишён всю жизнь, — возможность обсуждать научные проблемы с человеком, глубоко понимающим суть дела. Ретик горячо убеждал Коперника опубликовать его труд, и учёный наконец решился обнародовать книгу «О вращениях».

Не дожидаясь этой публикации, Ретик написал обширное изложение теории Коперника. Своё сочинение он назвал «Первым повествованием». Оно было написано так, что не требовало от читателя математической подготовки и было понятно любому образованному человеку. «Первое повествование» Ретика сыграло огромную роль в распространении идей Коперника. Оно несколько раз переиздавалось, а в 1596 г. Кеплер привёл его в виде приложения к своей книге «Космографическая тайна».

ГЛАВНАЯ КНИГА

Ретик всё торопил, а Коперник медлил с изданием. Подобно Пифагору, он сомневался, пришло ли время людям знать «это». Коперник сознавал всю взрывную мощь книги. Как учёный и одновременно священник он чувствовал всё потрясение, которое испытают люди завтра, когда узнают, что живут на «звезде», на небесном теле. Размывалась граница между земным и небесным, ставшим также частью единой Природы. Духовное небо христианской веры отделялось от неба видимого. Это было началом переворота в науке, богословии, философии.



Фромборк.
Вид на город.
В центре — собор,
справа от него —
башня Коперника.

Благодаря «Повествованию» теория Коперника стала известна. Иерархи Католической Церкви восприняли её вначале спокойно, а протестанты, выступавшие против излишних «умствований», отнеслись к ней враждебно. Сам Мартин Лютер так отозвался о новых веяниях: «Дурак хочет перевернуть вверх дном всё искусство астрономии. Но, как указывает Священное Писание, Иисус Навин велел остановиться Солнцу, а не Земле».

Ретик договорился о печатании книги Коперника в Нюрнберге. Он

В «Первом повествовании» Ретик с восхищением и любовью пишет о Копернике. Кроме описания результатов его работы, он рассказывает и о том как они были получены: «Я вижу, — пишет он — как господин доктор, наставник мой, наблюдения всех времён вместе с собственными всегда имеет перед глазами, собранные в полном порядке... если понадобится что-нибудь установить... он идёт от первых произведённых наблюдений до своих собственных и обдумывает, как их согласовать; затем, получив... правильные выводы, он возвращается к гипотезам Птолемея и древних и, наконец, обдумав с величайшей тщательностью, убеждается в силу астрономической необходимости в том, что их нужно отбросить и придумать новые гипотезы... С помощью математики он из них получает добрые следствия... затем с принятыми гипотезами согласует наблюдения древних и собственные; и только тогда, выполнив эти труды, он выводит астрономические законы».



▶ Собор во Фромборке. Здесь в 1523 г. в течение нескольких месяцев Коперник исполнял обязанности начальника епархии.

Ольштынский замок. Комната, в которой Коперник прожил шесть лет.
▼



январе 1520 г. оборонять собор, за ст
нами которого спасались жител
сожжённого крестоносцами Фро
борка, а в феврале 1521 г. приня
на себя командование гарнизон
осаждённого Ольштынского зам
Во время этих драматических соб
тий Коперник проявил мужество
незаурядный организаторский тала

Между тем в жизни Европы и о
дена произошли важные перемены.
октябре 1517 г. профессор богосло
вия Виттенбергского университе
Мартин Лютер выступил против оф
циальных догматов католицизма. Т
началась Реформация. Многие ге
манские правители принимали лю
теранство и становились в свои
владениях главами новой Церкви.
1525 г. это сделал и великий магис
Тевтонского ордена Альбрехт, кот
рый сложил с себя сан и отныне ст
герцогом светского лютеранского г
сударства, принеся присягу вернос
польскому королю.

ПЕРВЫЙ И ПОСЛЕДНИЙ УЧЕНИК

Копернику исполнилось 66 лет. Дал
ко за пределами Фромборка его ув
жали как врача и учёного человек
Рукопись книги «О вращениях» бы
в основном готова, но, опасаясь бы
непонятым, Коперник не торопил
её публиковать. В то время из кол
бели лютеранства, Виттенберга, к н
му приехал молодой профессор м
тематики Георг Иоахим фон Лаухе
который взял себе имя Ре́тик (римл
не называли Ретией область Австри
где он родился).

В Виттенбергском университе
существовал кружок учёных, увлека
шихся астрономией, в который вх
дили преподаватели Круцингер, Рей
гольд и Ретик. Они были наслыша
о теории Коперника и серьёзно заи
тересовались ею, но имевшиеся о не
сведения были ненадёжны и неполн
Поскольку Коперник не публиков
своих трудов, возникла идея посети
учёного во Фромборке и выясни
подробности его работы. Предпри



попросил наблюдать за изданием Андрея Осиандера, известного богослова и лютеранского проповедника. Ознакомившись с книгой, Осиандер направил Копернику письмо с просьбой написать к ней предисловие, где новая теория трактовалась бы лишь как некая рабочая гипотеза, позволяющая упростить расчёты. Учёный вместо этого прислал в протестантский Нюрнберг посвящение книги главе Католической Церкви Папе Павлу III. Осиандер включил посвящение в книгу, добавив к ней, однако, собственный неподписанный текст. Он назывался «Обращение к читателю о предположениях, лежащих в основе этой книги» и содержал то, что Осиандер хотел получить от Коперника.

Книга вышла весной 1543 г., когда её автор тяжело заболел. Один из первых его биографов Пьер Гассенди пишет: «Время его последней болезни почти совпадает с появлением из-под типографского станка бессмертного его творения... Его умственные способности и память стали ослабевать. За несколько часов до смерти принесли ему экземпляр только что отпечатанного его сочинения... Он взял книгу в руки и смотрел на неё, но мысли его были уже далеко...».

Коперник умер 20 мая и был похоронен под плитами Фромборкского кафедрального собора.

Книга «О вращениях» сразу нашла благодарных читателей. Друг Ретика, виттенбергский математик Эразм Рейнгольд составил на основе теории Коперника новые планетные таблицы. Они получили название «Прусских», поскольку были изданы на средства бывшего великого магистра ордена герцога Пруссии Альбрехта. Эти таблицы вытеснили прежние и сохраняли своё значение до появления в 1627 г. «Рудольфовых таблиц», составленных Кеплером.

Помещённое в книге Коперника неподписанное «Обращение» Осиандера вызвало бурные протесты Ретика, а позднее Кеплера. Впрочем, ни одно предисловие было неспособно нейтрализовать силу мысли Коперника, который провозгласил новую эпоху в астрономии, и не только в ней.



Умирающий Коперник держит в руках только что отпечатанную книгу «О вращениях небесных сфер».



Эпитафия Копернику в Ольштыне.



Памятник Копернику в Варшаве.





Армиллярная сфера. Музей Коперника, Фромборк.



Главный неф собора во Фромборке.



Стенной квадрант. Музей Коперника, Фромборк.



Трикветрум. Музей Коперника, Фромборк.





ские» (составленные Рейнгольдом на основе теории Коперника) — всего на несколько дней.

В апреле 1566 г. в жизни Тихо Браге произошло неприятное событие: поссорившись с приятелем, Тихо дрался с ним на дуэли, и тот шпагой повредил ему кончик носа. Дуэлянты вскоре помирились, но астроном всю жизнь вынужден был носить серебряный протез и, может быть, из-за этого избегал светского общества.

В следующем году Тихо познакомился в Аугсбурге с братьями Йоганном и Паулем Хенцелями, которые были страстными любителями астрономии. Они свели его со способными мастерами, у которых Браге заказал несколько астрономических инструментов и заготовку огромного полутораметрового глобуса. Здесь же по указаниям Браге был изготовлен из дерева «большой квадрант». Это был сектор с радиусом почти в 6 м, закреплённый в раме на поворотном столбе. Высота сооружения составляла 11 м, дуга в 1° на его шкале имела длину около 10 см. Инструмент был установлен во дворе загородного дома Хенцелей, но он не оправдал надежд конструктора, оказавшись тяжёлым и неудобным в работе; кроме того, дерево разбухало от влаги и коробилось. Хотя друзья Браге пользовались инструментом в течение шести лет, пока он не был уничтожен бурей, сам изобретатель с тех пор строил свои приборы из металла, предпочитая точность размерам.

◄ Большой армиллярный экваториал Тихо Браге. Этот инструмент диаметром 2,7 м использовался для измерения угловых расстояний между звёздами.

НОВАЯ ЗВЕЗДА

В 1571 г. Браге пришлось возвратиться в Данию: его вызвали к заболевшему отцу. Отец умер в мае того же года; Тихо Браге унаследовал родовое поместье Кнудструп и занялся хозяйством. Вскоре он сблизился со своим дядей Стеноном Биллем, который жил недалеко и занимался алхимией. Браге принял участие в алхимических опытах, в технических начинаниях Билля. Родственникам удалось устроить небольшое стекольное производство и, как тогда говорили, «бумажную мельницу». Казалось, Браге полностью отдался хозяйственным заботам, но исключительное астрономическое событие вернуло его к науке о небе.

Вечером 11 ноября 1572 г. Браге вышел из дому, по привычке взглянул на небо и увидел в созвездии Кассиопеи невероятной яркости звезду, которой там никогда не было. Согласно Аристотелю, такого просто не могло быть в вечном и неизменном мире звёзд. Он тут же принёс секстант и измерил угловое расстояние



◄ Измерение угловых расстояний между небесными светилами при помощи циркуля.



ТИХО БРАГЕ. СОЗДАТЕЛЬ «НЕБЕСНОГО ЗАМКА»

*Если бы в звёздные сферы ты не взирал сквозь диоптры,
С неба не мог бы я зреть круговращенье Земли.*

Иоганн Кеплер. «Новая астрономия»

Ти́хо Бра́ге был великим астрономом-наблюдателем, выдающимся организатором науки и конструктором астрономических инструментов. Он создал первый в Европе крупный астрономический центр, где за 20 лет его существования был выполнен огромный объём точных наблюдений светил. Там были разработаны и построены наиболее совершенные астрономические приборы того времени. Для многих десятков людей из разных стран обсерватория Браге стала практической школой. Результаты его работ попали в руки гениального теоретика Иоганна Кеплера, который на их основе смог сформулировать законы движения планет.

АСТРОНОМИЯ

Тихо Браге родился 14 декабря 1546 г. в семье, принадлежавшей к высшей знати Датского королевства. Он появился на свет в замке Кнудструп в Скании, южной части Скандинавского полуострова, которая позже перешла от Дании к Швеции. Однако детство будущего учёного прошло в соседнем замке Тоструп у бездетного брата отца — адмирала Йоргена Браге. Мальчик рано выучил латынь и в 13 лет стал студентом Копенгагенского университета. Здесь он увлёкся астрономией. Возможно, причиной тому стало солнечное затмение 21 августа 1560 г., сам факт предсказания которого произвёл на подростка сильное впечатление. Браге приобрёл несколько астрономических и астрологических книг и «карманный» звёздный глобус, по которому изучил расположение созвездий.

Через три года 16-летнего Тихо в сопровождении воспитателя отправили учиться в Германию. Там он провёл шесть лет, время от времени наезжая в Данию. Браге слушал лекции в университетах Лейпцига, Виттенберга, Ростока и Аугсбурга. Родные хотели, чтобы он изучал право, и воспитателю было наказано следить за этим. Браге, однако, занимался любимой наукой и по возможности знакомился с астрономами.

На второй год жизни Браге в Германии пришлось редкое астрономическое событие — соединение Юпитера и Сатурна. Не имея инструментов, Тихо вёл наблюдения с помощью обычного циркуля. Он приставлял к глазу его шарнир и разводил ножки так, чтобы на их концы попадали планеты, потом дома клал циркуль на бумагу, отмечал положение его частей и измерял угол полученного треугольника. Это стало его первым «изобретением». В записях, которые он аккуратно вёл, было отмечено, что в определении времени этого события «Альфонсинские таблицы» ошиблись на месяц, а «Прус-



Тихо Браге.



Аугсбург. Этот город на юге Германии с тёплым по сравнению с Данией климатом и большим количеством ясных дней представлялся Браге подходящим местом для устройства небольшой обсерватории, на что у него было достаточно средств.

Вернувшись в Данию, Браге начал готовиться к отъезду. Но его друзья, принадлежавшие к образованной части общества, понимали, какой потерей для культуры страны будет переезд астронома в Германию, и обратились к королю Фридриху II с просьбой удержать его на родине. 16 февраля 1576 г. к Браге в Кнудструп прибыл паж, посланец короля. Монарх обещал помочь учёному, «так что мне нечего беспокоиться о чём-нибудь, кроме как о том, чтобы прославить страну, короля и самого себя», писал в письме другу Браге.

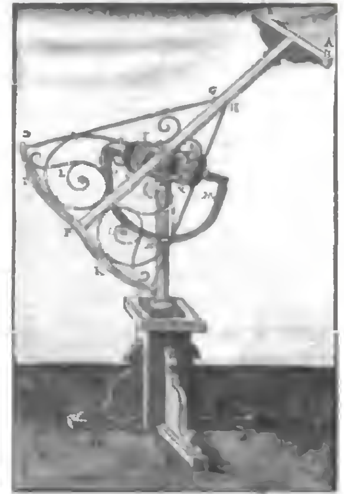
Для устройства обсерватории Фридрих предложил учёному в пожизненное владение остров Вен, лежащий в середине Зундского пролива, соединяющего Балтийское море с Северным. Остров был практически не заселён. Конечно, приморская северная страна с морозами, ветрами и туманами для наблюдений была хуже Аугсбурга. Но Браге решил остаться дома и не прогадал. Щедрая государственная поддержка позволила ему создать знаменитый на всю Европу научный центр и получить лучшие результаты для своего времени.

УРАНИБОРГ И СТЬЕРНЕБОРГ

Браге немедля приступил к созданию обсерватории. Здесь проявился его незаурядный организаторский и инженерный талант. Он назвал постройку «Ураниборг» (Небесный замок) в честь греческого бога звёздного неба Урана и, естественно, приспособил её к размещению инструментов и к суровому климату.

Строительство заняло около года, и уже в 1577 г. Ураниборг был заселён. «Небесный замок» представлял собой трёхэтажное квадратное здание, увенчанное башенкой со шпилем, на котором блестел флюгер в виде крылатого коня Пегаса. Обращённые на юг и на север, по бокам выступали две полукруглые пристройки, украшенные крутыми конусами поворотных раздвижных крыш, защищавших инструменты. В подвале размещались склад и алхимическая лаборатория, на первом этаже — комнаты семьи Браге и гостиная. В пристройке находился большой звёздный глобус, заказанный ещё в Аугсбурге. В Ураниборге ему придали строго сферическую форму, снабдили точными шкалами и покрыли латунной фольгой. На него Браге иглой наносил звёзды, положение которых уточнялось в обсерватории. Второй этаж занимали комнаты для короля и королевы на случай их визита. Из коридора второго этажа был выход в северную и южную «обсерватории», которые размещались над кухней и музеем.

Вскоре после постройки в Ураниборге начались систематические наблюдения. В отличие от своих коллег из других обсерваторий Браге сразу же начал учитывать время наблюдений в минутах. Это было



Двусторонняя дуга Тихо Браге для измерения угловых расстояний между небесными светилами. Длина инструмента 1,5 м.



Вид и план Ураниборга.

ЭТО ПРОИЗОШЛО 11 НОЯБРЯ 1572 ГОДА...

Покинув Германию и возвращаясь к берегам Дании, я остановился в старом замке Геррицвальда, имеющем очень красивое местоположение и принадлежащем моему дяде Стенону Биллю. Обыкновенно я оставался в своей химической лаборатории до наступления ночи. Однажды вечером, когда я по обыкновению осматривал небесный свод, вид которого был мне хорошо знаком, я, к неописанному моему удивлению, увидел близ зенита в Кассиопее яркую звезду необыкновенной величины. Поражённый открытием, я не знал, верить ли собственным глазам.

Чтобы убедиться, что это была не иллюзия, и чтобы собрать свидетельства других лиц, я призвал рабочих, находившихся в моей лаборатории, и спросил их и других прохожих, видят ли они вновь появившуюся звезду. Позже я узнал, что в Германии извозчики и другие люди из простого народа упредили астрономов, открыв раньше них это великое явление на небе; это дало повод возобновить обычные насмешки над учёными.

Новая звезда не имела хвоста, её не окружала никакая туманность, она во всех отношениях походила на другие звёзды. По блеску она превосходила Сириус, Вегу и Юпитер. Её можно было сравнить только с Венерой, когда эта последняя находится в ближайшем расстоянии от Земли. Люди, одарённые хорошим зрением, могли различить эту звезду при ясном небе даже в полдень.



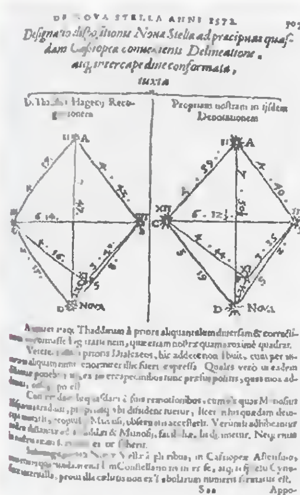
Расстояние этой звезды от других звёзд Кассиопеи, измеренные мною в следующем году с большой тщательностью, убедили меня в её совершенной неподвижности.

(По книге Тихо Браге «Введение в Новую астрономию». 1602 г.)

от новой звезды до соседних, чтоб
утром провести повторные измер
ния, определить параллакс и узнат
далеко ли она от Земли. Параллак
он не обнаружил; это означало, ч
новое светило находилось по кра
ней мере дальше Луны.

Звезда, как выяснилось позже, б
ла сверхновой, вспыхнувшей в наш
Галактике. Она постепенно меркла
наблюдалась в течение 17 месяц
пока не стала недоступной невоор
жённому глазу. Звезду наблюдал
многие астрономы Европы, в т
числе братья Хенцели с помощь
квадранта Браге. Сам астроном тщ
тельно следил за изменением её я
кости. По поводу звезды появило
много публикаций, среди которы
нередко встречались вздорные, и др
зья стали просить Браге написать
ней. Астроном отказывался, счита
что это недостойно дворянского зв
ния, но потом сдался. Так появило
первое сочинение Браге «О нов
звезде». Он считал её принадлежащ
к звёздной сфере и, между проч
рассуждал о её астрологическом зн
чении. Возбуждённый звездой инт
рес к астрономии был так велик, ч
в 1573 г., когда она была ещё вид
Браге по приглашению Копенгаге
ского университета с успехом проч
там свой первый и последний ку
лекций по астрономии.

TYCHONIS BRAHE, DANI
DE
NOVA ET NVLLIUS
ÆVI MEMORIA PRIVS VISA
Stella, iam pridem Anno à nato CHRISTO 1572. mense Novembri primùm Conspectæ,
CONTEMPLATIO MATHEMATICA.



Титульный лист и страница книги Тихо Браге «О новой звезде».

ОСТРОВ ВЕН

Вероятно, новая звезда окончатель
убедила 30-летнего Браге, что гла
ным делом его жизни должна бы
астрономия. В начале 1575 г. он с
вершил путешествие по Европе, пос
щая известных астрономов, знак
мясь с их инструментами и методам
работы и подыскивая место для о
серватории. Надолго он задержался
Касселе у ландграфа Вильгельма I
который устроил в одной из баш
своего замка обсерваторию, причё
применил новшество — поворотну
раздвижную крышу, защищавшую и
струменты от дождя. В Регенсбур
Браге присутствовал на коронаци
нового императора. Заехал он н

ронома, «наезжают ко мне отовсюду». Они обедали вместе с Браге и его семьёй и составляли тесный коллектив. Младшая сестра Тихо Софья стала первой женщиной-астрономом в Европе. Это была образованнейшая женщина своего времени.

Браге достиг фантастической точности в наблюдениях положений звёзд на безоптических угломерных инструментах. Ошибка составляла ±0,5′, что в 20 раз точнее Птолемеевых наблюдений. В обсерватории были получены выдающиеся результаты — составлен каталог 788 звёзд, разработаны таблицы рефракции света в земной атмосфере и правила её учёта при наблюдениях, уточнён угол наклона эклиптики, открыты неизвестные прежде неравномерности движения Луны, в течение 20 лет постоянно фиксировались движения планет.

СИСТЕМА МИРА ТИХО БРАГЕ

В самом начале существования Ураниборга над Европой появилась яркая комета. Браге систематически наблюдал её и путём измерения параллакса доказал, что она находится дальше Луны и движется, пересекая сферы. Вместе с ними, как тогда считалось, движутся планеты. Это означало, что Аристотель был неправ: твёрдых небесных сфер не существует, пространство является пустым.

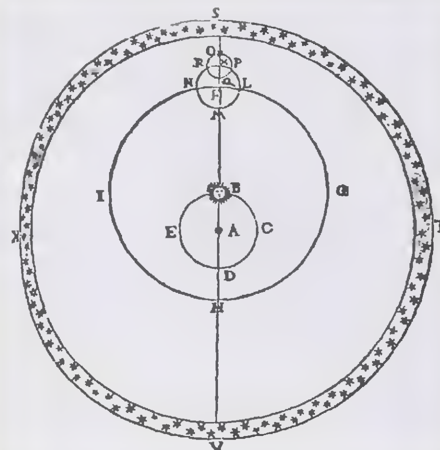
> Кометы, истинно космическую природу которых я доказал со всей определённостью, показывают, что всё небо прозрачно и чисто и не может содержать никаких твёрдых и реальных сфер. Кометы движутся по таким орбитам, которые недопустимы ни для одной небесной сферы. Тем самым доказано, что в изобретённой нами гипотезе нет ничего неразумного, поскольку, как мы обнаружили, не существует проникновения одних сфер в другие и предельных расстояний, так как твёрдые сферы не существуют в действительности.
>
> *(По книге Тихо Браге «Механика обновлённой астрономии». 1598 г.)*

Во время работы над книгой о кометах Браге пришёл к мысли о новой системе мира. В принципе он был готов принять систему Коперника, но его, создателя наиболее точных инструментов дотелескопической астрономии, сильно смущало отсутствие наблюдаемого параллакса звёзд. Браге писал астроному Ротману: «Считаешь ли ты возможным, чтобы расстояние между Солнцем... и Сатурном не составило бы даже 1/700 расстояния от сферы неподвижных звёзд?.. А между тем так должно быть непременно, если годичный путь Земли, рассматриваемый с неподвижных звёзд, должен составлять... только одну минуту дуги. Но ведь тогда и неподвижные звёзды третьей величины, видимый диаметр которых также равен минуте, должны были бы иметь размеры земной орбиты». Во времена Браге термин «звёздная величина»,

Таблица положений Луны, рассчитанная Тихо Браге.



◄◄ Система мира Тихо Браге. Помимо орбит больших планет показана орбита кометы 1577 г.



◄ В системе мира Тихо Браге Земля (A) была центром сферы звёзд, а также орбит Луны и Солнца (B), планеты же (здесь Сатурн — Q) обращались вокруг Солнца.



Небесный глобус
Тихо Браге. 1584 г.



Тихо Браге
с тремя помощниками
проводит наблюдения
на большом квадранте.
На заднем плане
изображены сцены
работы с другими
астрономическими
инструментами
Ураниборга.
▼



ещё до изобретения маятникового хода, и регулировка примитивных часов стоила большого труда. Постепенно обсерватория оснащалась новыми инструментами, многие из которых изготовлялись на месте по проектам Браге. Со временем на острове появились механическая мастерская, типография, наладилось производство бумаги. Энергию производству давала устроенная Браге водяная мельница. Водяное колесо кроме бумагоделательных вальцов могло вращать мукомольный жёрнов и токарный станок.

В 1582 г. в гостиной на первом этаже Ураниборга установили стенной квадрант, который Браге назвал «тихонианским». Основой этого инструмента была латунная шкала в виде 90-градусной дуги с радиусом 2 м, которая крепилась к стене, направленной точно на юг. В поперечной наружной стене в геометрическом центре дуги в специально проделанном окошке был закреплён горизонтальный цилиндр, а по дуге могла скользить каретка с визирным приспособлением. Двигая каретку до совпадения звезды с краем цилиндра, астрономы получали её высоту над «математическим горизонтом».

Стена над дугой была расписана несколькими художниками. На ней помещался портрет самого Браге, изображения рабочих комнат и даже любимой собаки астронома. В правом верхнем углу росписи был расположен изобретённый Браге механический звёздный глобус, который кроме вращения неба показывал движение Солнца и Луны и даже её фазы. В 1590 г. Тихо Браге подарил этот глобус принцу, будущему королю Христиану IV, но, к сожалению, подарок не привлёк его к астрономии.

Через семь лет после создания Ураниборга рядом с ним был построен дополнительный наблюдательный комплекс — Стьернеборг (Звёздный замок). Он представлял собой подземное помещение, над которым поднимались только раздвижные крыши инструментов. В обсерватории кроме Браге работало обычно около десяти сотрудников, которые, по словам аст-

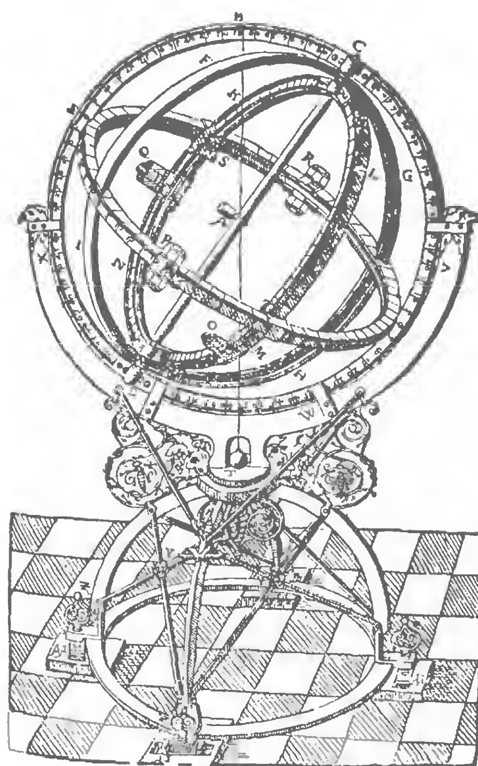


ПРАГА

В 1597 г. датский трон занял Христиан IV. Посчитав астрономию лишь дорогостоящей причудой, он прекратил финансирование обсерватории Браге. 29 апреля астроном с семьёй и сотрудниками навсегда покинул остров Вен. На корабль были погружены основные инструменты, типографское оборудование, книги и, главное, бесценные журналы наблюдений. Новый король дал понять Браге, что не желал бы видеть его в Дании. Браге с близкими ненадолго остановился у своих друзей вблизи Гамбурга. Там была издана его знаменитая книга «Механика обновлённой астрономии» с массой гравюр, сделанных ещё на острове Вен. В ней помещены подробные описания созданных Браге инструментов.

Фаддей Хайек, с которым Браге познакомился ещё на коронации Рудольфа II, уговорил императора принять астронома. Согласие было получено весной следующего года, и Браге отправился в Прагу, являвшуюся тогда столицей Священной Римской империи. Это было тяжёлое время для учёного. Привыкнув при Фридрихе к вниманию и поддержке, теперь он был вынужден сталкиваться с чиновниками, которые относились к астрономии не лучше Христиана. Сперва Браге попытался устроиться в замке Банатек под Прагой, потом его обсерватория переехала в Град пражский (кремль).

В феврале 1600 г. произошла знаменательная встреча Тихо Браге с Иоганном Кеплером. Браге знал его по книге «Космографическая тайна», посвящённой поискам математической гармонии в строении Солнечной системы. Содержание книги не заинтересовало астронома, но в ней он ощутил математический дар и живой ум автора. Кеплеру было 27 лет, он преподавал в гимназии в Граце, где протестанты подвергались гонениям, и искал новое место работы. В 1600 г. Браге взял его в помощники и поручил обработку данных наблюдений Марса. Вскоре между ними по вине Кеплера, отличавшегося нервностью и эмоциональностью, произошла ссора. Осыпав старого астронома несправедливыми упрёками, Кеплер уехал из Банатека в Прагу. Там он остыл и послал Браге покаянное письмо. И здесь Тихо Браге проявил мудрость и выдержку. Прославленный на всю Европу учёный, гордый, самолюбивый дворянин не только полностью простил молодого безродного учителя, но и сам отправился в Прагу мириться с ним. С того времени их отношения больше не омрачались. Однако сотрудничество двух великих учёных длилось недолго.

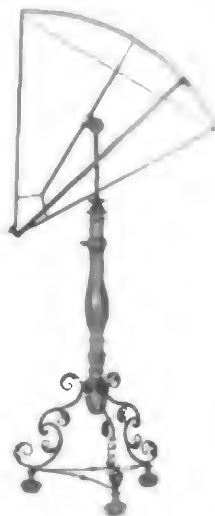


Армиллярная сфера Тихо Браге.

* * *

24 октября 1601 г. после непродолжительной болезни Тихо Браге скончался. Император устроил астроному пышные похороны. Кеплер же получил титул Первого математика императора и потратил долгие годы на обработку наблюдений обсерватории Браге (своего рода его завещание). Итогом было открытие законов движения планет. Позднее Ньютон

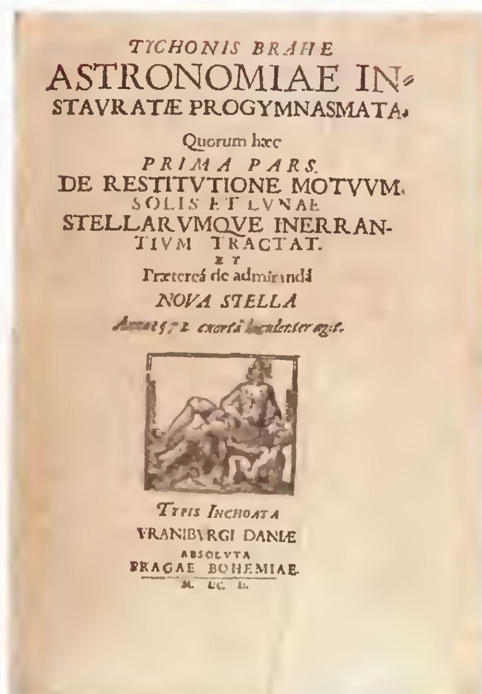
Астрономический секстант, изготовленный в 1600 г. в Праге по чертежам Тихо Браге.







Система мира Тихо Браге. Земля является центром вращения Солнца, Луны и сферы неподвижных звёзд. Пять планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн) обращаются вокруг Солнца. Показаны четыре спутника Юпитера, которые Галилей открыл в 1610 г. Иллюстрация из «Небесного атласа» А. Целлариуса. 1660 г.



TYCHONIS BRAHE
ASTRONOMIAE IN-
STAVRATÆ PROGYMNASMATA.
Quorum hæc
PRIMA PARS.
DE RESTITVTIONE MOTVVM
SOLIS ET LVNAE
STELLARVMQVE INERRAN-
TIVM TRACTAT.
ET
Præterea de admiranda
NOVA STELLA
Anno 1572. exorta luculenter agit.

Typis Inchoata
VRANIBVRGI DANIÆ
ABSOLVTA
PRAGAE BOHEMIAE.
M. DC. II.

Титульный лист книги Тихо Браге «Astronomiae in stavrate progymnasmata».

который сейчас обозначает видимую яркость звезды, воспринимался благодаря особенностям нашего зрения буквально (как её видимый размер). Истина открылась только с появлением телескопической астрономии.

Чтобы объяснить отсутствие годичного параллакса звёзд, Тихо Браге предложил смешанную систему мира. В ней Земля была центром сферы звёзд, а также орбит Луны и Солнца, планеты же, как и у Коперника, обращались вокруг Солнца. Вообще говоря, с точки зрения наблюдательной и вычислительной астрономии совершенно неважно, какое тело вокруг какого обращается. Но укреплявшийся в сознании учёных физический взгляд на Вселенную заставлял выбирать её центром массивное Солнце, а не крошечную Землю. Браге гордился своей гипотезой, но она не сыграла заметную роль в развитии астрономии.





ПРИТЯЖЕНИЕ ЛУНЫ ВЫЗЫВАЕТ ОКЕАНСКИЕ ПРИЛИВЫ

Причиной океанских приливов, по-видимому, служат тела Солнца и Луны, притягивающие океанские воды некоей силой, аналогичной магнетизму. Тело Земли также притягивает свои воды. Это притяжение мы называем тяготением.

Когда Луна находится непосредственно над Атлантическим, так называемым Южным, Восточным или Индийским океаном, то она притягивает воды, омывающие земной шар. Не встречая на своём пути континентов, воды со всех сторон устремляются к обширному участку, находящемуся прямо под Луной, а берега при этом обнажаются. Но пока воды находятся в движении, Луна успевает переместиться и не располагается более прямо над океаном, в силу чего масса воды, бьющая в западный берег, перестаёт испытывать действие лунного притяжения и обрушивается на восточный берег.

Я определяю «тяжесть» как силу взаимного притяжения, аналогичную притяжению магнитов. Но когда тела находятся на малом удалении друг от друга, то сила их взаимного притяжения больше, чем когда они находятся далеко друг от друга.

Но почему бы нам не сказать, что Земля притягивает лунные воды так же, как Луна притягивает земные?

(По книге Иоганна Кеплера «Сон, или Посмертное сочинение по лунной астрономии». 1593 г.)

◂ Частное лунное затмение.

Из своего детства Кеплер запомнил два ярких события. В возрасте шести лет он впервые увидел комету: «Я много слышал о комете до этого, 1577 г., и мать вывела меня на возвышенность, чтобы я поглядел на неё». В девять лет «родители позвали меня на улицу, чтобы показать затмение Луны. Она казалась совсем красной». Комету 1577 г. наблюдал и описал датский астроном Тихо Браге, к которому Кеплер впоследствии приехал работать над теорией движения планет.

В 1584 г. Кеплер поступил в церковную семинарию в Адельсберге, затем продолжил учёбу в духовном училище при Маульбронском монастыре. Он изучал богословие, труды Аристотеля, философов Древнего Рима и Древней Греции, риторику, математику и музыку. Устав семинарии был строг: зимой занятия начинались в пять, а летом — в четыре часа утра. Кеплер был прилежным учеником, много заучивал наизусть. Натренированная память помогла ему в дальнейшем при анализе астрономических наблюдений Тихо Браге. Кеплер получил степень бакалавра словесных наук и в 1589 г. поступил в Тюбингенскую семинарию, а ещё через два года — в Тюбингенскую академию. Здесь он слушал лекции по математике, астрономии, греческому и древнееврейскому языкам, риторике, поэзии, этике и философии Аристотеля.

Ещё студентом Кеплер купил книгу Юлия Скалигера «Экзотерические упражнения» (1557 г.). Эта книга произвела на него большое впечатление. Позднее он вспоминал, что Скалигер пробудил в нём «размышления о всевозможных вопросах: о небе, о душах и духах, о стихиях, о природе огня, о происхождении источников, о морских приливах и отливах, о виде материков и окружающих их морей...».

Лекции по математике и астрономии читал профессор Михаэль Мёстлин (1550—1630). Подчиняясь учебной программе, он излагал астрономию Птолемея. Скоро он заметил необычайные способности Кеплера

использовал законы Кеплера для того, чтобы доказать справедливость закона тяготения. Астрономические наблюдения Тихо Браге, которые казались пустой забавой его вельможным современникам, явились фундаментом, на котором построена современная теория тяготения.

ИОГАНН КЕПЛЕР. ЗАКОНОДАТЕЛЬ НЕБА

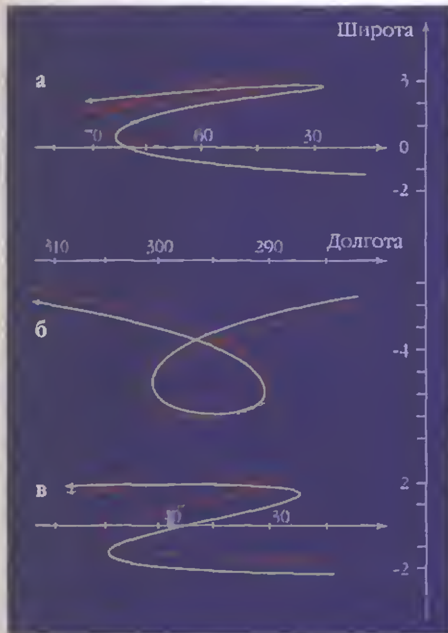
Законы движения планет, выведенные Иоганном Кеплером, сокрушили тысячелетние догмы о кругах и сферах и открыли дорогу физическому пониманию небесных явлений. История открытия этих законов, потребовавшая от учёного многих лет напряжённого труда, полна драматизма. Она дошла до нас из первых рук: в своих книгах Кеплер подробно рассказал обо всех перипетиях работы. Во вступлении к книге «Новая астрономия» он писал: «Для меня важно не просто сообщить читателю, что я должен сказать, но прежде всего ознакомить его с доводами, оговорками, счастливо преодолёнными опасностями, которые привели меня к открытиям. Когда Христофор Колумб, Магеллан и португальцы, из которых первый открыл Америку, второй — Китайский океан, а последние — морской путь вокруг Африки, повествуют, как они сбивались с пути и блуждали в своих путешествиях, мы не только прощаем им это, но, более того, мы не желаем пропускать этих рассказов, т. к. тогда при чтении было бы потеряно впечатление о всём значительном в их предприятиях. Пусть же поэтому мне не поставят в вину, когда я, вызывая у читателя интерес, пойду подобным путём в своём изложении».


Иоганн Кеплер.

ДЕТСТВО И ГОДЫ УЧЕНИЯ

Иоганн Кеплер родился 27 февраля 1571 г. в Германии в небольшом городке Вейль-дер-Штадт, в бедной протестантской семье. Его отец стремился завести своё дело, но всякий раз неудачно. Семья часто переезжала из города в город. Мать Кеплера была неграмотной, но знала толк в целебных травах, собирала их и лечила ближних настоями. Она была сварливой и часто ссорилась с мужем, у которого тоже был тяжёлый характер. Первые годы жизни Ганса прошли в обстановке ссор и скандалов. Он родился семимесячным и был очень слабым ребёнком. В 1575 г. Ганс заразился оспой и чуть не умер. У него были больные печень и желудок, часто болела голова. Кроме того, он имел врождённые недостатки зрения — сильную близорукость и дефект, при котором один объект кажется множественным (глядя на Луну, Кеплер видел несколько Лун). Болезни преследовали его всю жизнь. Тем более достойны уважения его мужество и сила духа, благодаря которым он смог добиться поразительных научных успехов и стать одним из творцов современной астрономии и физики.





◂ Видимое движение Марса в эклиптикальных координатах в 297—296 гг. до н. э. (а), в 274 г. до н. э. (б) и в 235—234 гг. до н. э. (в), вычисленное по «Альмагесту» Птолемея (широкая линия) и современными методами (тонкая линия).

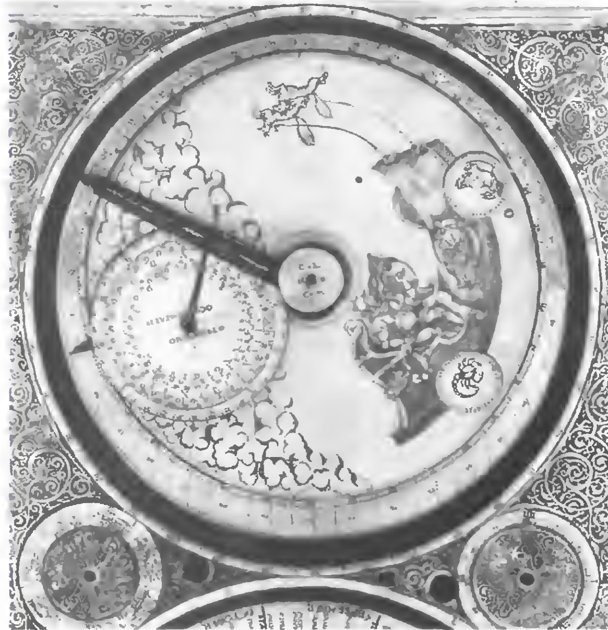
ему было поручено заниматься Марсом. Когда Тихо Браге скоропостижно скончался, Кеплер получил титул Первого математика императора. По заданию, фактически завещанное ему Браге, осталось. «Я думаю, — пишет Кеплер, — что это было актом божественного провидения. Только Марс предоставлял нам возможность проникнуть в тайны астрономии, которые иначе остались бы навсегда скрыты от нас». Марс действительно был лучшим объектом исследования — его орбита в отличие от земной имеет заметный эксцентриситет, период обращения по сравнению с Юпитером и Сатурном не слишком велик, а условия наблюдения гораздо лучше, чем для Меркурия и Венеры.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД И ПЕРВАЯ АТАКА

Птолемей, чтобы «узаконить» неравномерное движение светила по орбите, ввёл движение по экванту, т. е. эксцентричной орбите. Внутри неё есть точка, не совпадающая с центром, при взгляде из которой неравномерное движение светила кажется равномерным. Именно экванты побудили Коперника подвергнуть Птолемееву систему ревизии, сохранив простые круговые движения.

Кеплер вернулся к эквантам, к неравномерному движению Земли и планет. Он сделал это из физических соображений. Солнце для Кеплера было не только центром мира, но и его движущей силой. Он считал, что, вращаясь, Солнце подгоняет планеты, и они движутся тем быстрее, чем ближе к нему подходят, так как там оно сильнее воздействует на них. Поэтому он взял направление, противоположное Копернику. Кеплер изгнал из своей системы эпициклы, часть которых пришлось сохранить Копернику, но оставил экванты и допустил неравномерность движений небесных тел.

Это была революция, причём не только в теории небесных движений. Кеплер объявил планеты «шарами», подобными Земле (а до первых телескопических наблюдений оставалось ещё десять лет). В то время единственным небесным телом, имевшим, по-видимому, земную природу, могла казаться Луна, но учёный, считая планетную систему единым целым, распространил это и на другие планеты.



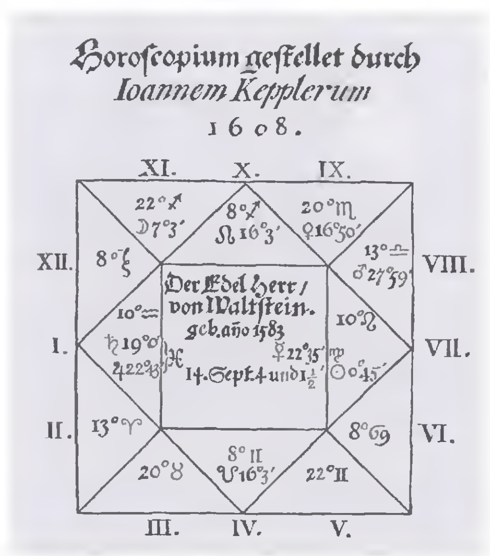
Круг Марса. Выполнен из позолоченной меди в 1561—1563 гг. в Марбурге (Германия). Действует как планетные часы, показывая геоцентрические долготу и широту при орбитальном движении Марса.



к математике и астрономии и ввёл его в круг немногих студентов, для которых частным образом читал лекции по астрономии Коперника. Позже Кеплер писал: «Уже к тому времени, когда я внимательно следовал в Тюбингене преподаванию знаменитого Мёстлина, я ощутил, насколько несовершенно со многих точек зрения употребительное до сих пор представление о строении мира. Поэтому я был так сильно восхищён Коперником... что не только защищал его взгляды в студенческих диспутах, но и сам тщательно подготовил диспут на тему о том, что... вращение сферы неподвижных звёзд проистекает от вращения Земли... Постепенно я собирал отчасти из лекций Мёстлина, отчасти из собственных соображений все доводы, которыми Коперник превосходил Птолемея с математической точки зрения».

Во время учёбы на факультете искусств Кеплер заинтересовался астрологией, которая была очень популярной. В ту эпоху с помощью астрологии объясняли многие взаимосвязи между явлениями. Среди студентов Кеплер слыл большим мастером в составлении гороскопов.

Кеплер защитил магистерскую диссертацию и в 1593 г. блестяще закончил академию. Мёстлин рекомендовал его на должность профессора математики и «нравственной философии» в гимназию города Граца в Штирии. Там помимо основных обязанностей Кеплер читал курс астрономии и писал «Космографическую тайну». Именно это сочинение обратило на себя внимание Тихо Браге. Великий наблюдатель неба позвал к себе в Прагу подававшего надежды теоретика и вычислителя.



Гороскоп полководца Валленштейна, составленный Кеплером.

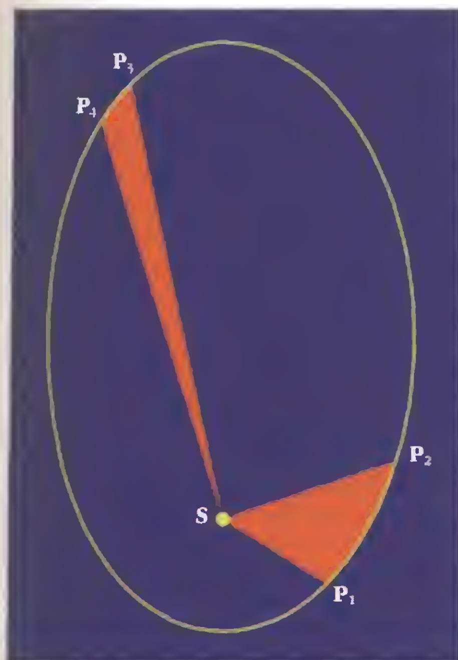
ЗАДАЧА И ЗАДАНИЕ

В 1600 г. Кеплер приехал в Прагу и стал помощником знаменитого датского астронома Тихо Браге. Незадолго до того Тихо был вынужден оставить свою лучшую в мире обсерваторию на острове Вен и перебраться в Прагу под покровительство императора Рудольфа II. Браге привёз с собой часть инструментов и бесценный архив — результаты наблюдений светил, которые он вместе с сотрудниками проводил в течение 20 лет. Их надо было обработать и довести до астрономических таблиц, которые Браге уже обещал императору назвать «Рудольфовыми». Среди прочего таблицы должны были содержать расчёт положений планет на много лет вперёд.

Дело было не только в том, чтобы положить в основу расчёта новые, более точные исходные данные. Вызывали сомнения и сами теории, на которых до тех пор были основаны расчёты. Астрономы короля Кастилии и Леона Альфонса X Мудрого в XIII в. использовали теорию Птолемея. Региомонтан в XV в. рассчитывал свои «Эфемериды» также по ней. Рейнгольд составил «Прусские таблицы», опираясь на теорию Коперника. Браге же хотел, чтобы новые таблицы строились на его компромиссной системе. Кеплер, убеждённый коперниканец, тем не менее видел недостатки всех существующих систем. Отчасти потому он и пришёл к Браге, чтобы на его материале построить новую теорию, принципы которой, как казалось Кеплеру, он уже нащупал.

Однако по своему положению он не мог делать всё, что хотелось бы:





источник ошибки — влияние неверно описанной орбиты Земли, с которой велись наблюдения. Ведь неравномерное движение планеты могло отразиться на их результатах. Поэтому учёный решил на время «снять осаду» с Марса и заняться Землёй.

ОРБИТА ЗЕМЛИ И ЗАКОН ПЛОЩАДЕЙ

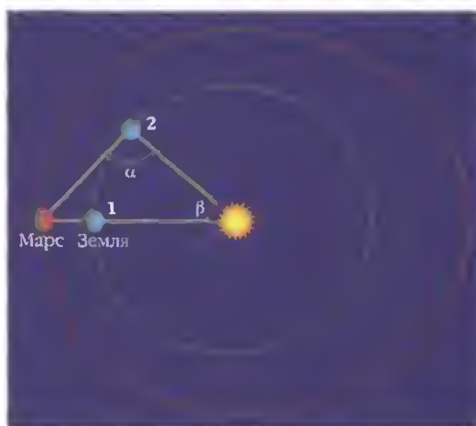
Требовалось уточнить характер движения Земли и её орбиту. Но как это сделать, на что можно опереться в пространстве, заполненном движущимися телами? Чтобы найти в нём последовательные положения Земли, нужны по крайней мере две неподвижные точки. Тогда, измеряя угол, под которым они видны, можно строить треугольники и вычислять местонахождение наблюдателя, а значит, и Земли. Роль одной такой точки могло играть Солнце, но другой не было. Звёзды не в счёт: они так далеко, что не дают заметного параллакса.

Казалось бы, положение безвыходное, но неутомимый в поисках Кеплер находит выход. Он обнаруживает в пространстве неподвижную относительно Солнца и звёзд точку, не слишком удалённую от Земли, мало того — такую, координаты которой многократно измерены. И эта точка — Марс. Как же так, ведь он движется! Да, но его движение известно. Давно установлено, что по отношению к звёздам он совершает один оборот за 687 земных суток. Это значит, что если взять за начало отсчёта какое-то положение Марса, то через 687 дней он туда вернётся. Но Земля в это время займёт по отношению к нему совсем другое место. Осталось выбрать из наблюдений Браге такие, для которых Марс как бы стоит на месте.

Эта блестящая мысль позволила Кеплеру уточнить орбиту Земли и скорость планеты на разных участках орбиты. (В то время учёный считал все планетные орбиты круговыми, — впрочем, для Земли это недалеко от истины.) Требовалось найти закон, по которому меняется скорость Земли. Исходя из гипотезы о притяжении планеты к Солнцу, Кеплер предположил, что скорость должна быть обратно пропорциональна расстоянию от Земли до Солнца. Для *перигелия* (точки, ближайшей к Солнцу) и *афелия* (самой дальней точки) предположение подтвердилось. Тогда Кеплер разбил орбиту на 360 частей и стал проверять гипотезу для различных её участков.

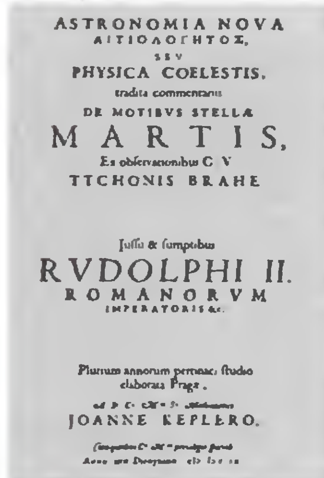
Вскоре из чертёжа стало ясно, что за равные промежутки времени планета проходит равные площади

◂ Иллюстрация закона площадей. При движении вокруг Солнца (S) планета (P) не обладает постоянной скоростью. Вблизи точки перигелия скорость максимальна, вблизи афелия — минимальна. Вследствие этого, а также того, что Солнце находится в одном из фокусов эллиптической орбиты, фигура, образованная радиус-векторами SP_1, SP_2 и дугой орбиты P_1P_2, и фигура, образованная радиус-векторами SP_3, SP_4 и дугой P_3P_4, будут иметь одинаковые площади.



Схема, использованная Кеплером для изучения орбиты Земли. В начальный момент Солнце, Земля и Марс находятся на одной прямой. Через период обращения Марса вокруг Солнца Земля займёт положение 2, а Марс вернётся в исходное положение 1. Из наблюдений Тихо Браге Кеплер нашёл углы α и β и смог определить расстояние между Солнцем и Землёй в положении 2 в единицах расстояния Марса от Солнца.





ASTRONOMIA NOVA
AITIOΛOΓHTOΣ,
SEV
PHYSICA COELESTIS,
tradita commentariis
DE MOTIBVS STELLÆ
MARTIS,
Ex observationibus G. V.
TYCHONIS BRAHE

Jussu & sumptibus
RVDOLPHI II.
ROMANORVM
IMPERATORIS &c.

Plurium annorum pertinaci studio
elaborata Pragæ.

JOANNE KEPLERO.

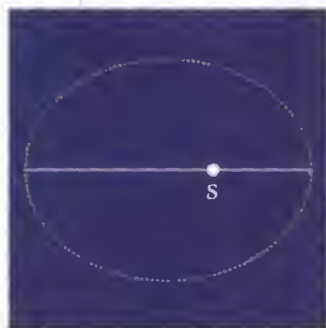
Титульный лист книги Кеплера «Новая астрономия».

Так из хитроумной математической конструкции планетная система постепенно превращалась в стройное материальное образование. С такими мыслями Кеплер взялся за разработку теории движения Марса. Требовалось найти радиус его орбиты, смещение её центра относительно Солнца, направление, в котором она смещена, и, наконец, точку экванта.

Сперва Кеплер решил дополнительную задачу — определил наклон орбиты Марса к плоскости эклиптики. Отклонение планеты по широте вызывало у астрономов много трудностей. Кеплер, исходя из физических соображений, посчитал, что плоскость орбиты Марса обязана проходить через центр Солнца, и не ошибся. Он вычислил, что орбита Марса наклонена по отношению к орбите Земли на 1°50′, и получил хорошее согласование с результатами наблюдений. Потом он выбрал из имевшихся данных о восьми противостояниях Марса четыре, с 1587 по 1595 г., когда планета по отношению к Земле находилась напротив Солнца. По ним Кеплер и стал строить орбиту Марса. Математический аппарат того времени не давал способов решения подобных задач, и учёному пришлось воспользоваться методом подбора. Он задавал определённые параметры, потом подставлял в них данные наблюдений, добиваясь, чтобы они сошлись с теорией. Для решения ему потребовалось повторить процедуру «подгонки» 70 раз, проделывая в каждом случае огромную вычислительную работу. Наконец, через год решение было получено.

В конце 18-й главы «Новой астрономии» Кеплер пишет: «Ты видишь теперь, о прилежный читатель, что гипотеза, основанная на этом методе, не только удовлетворяет четырём исходным положениям, но с точностью до 2 минут дуги согласуется со всеми другими наблюдениями (противостояний)». Глава заканчивается словами: «Так я установил, что положения противостояний были получены в результате этого вычисления с той же самой точностью, что на Тиховом секстанте...».

Сравнение кеплеровской модели эллиптической орбиты Марса и круговой орбиты того же диаметра.



ВОСЕМЬ УГЛОВЫХ МИНУТ

Однако уже следующая глава пора-жала читателя фразами: «Как же эт... может быть? Гипотеза, которая согла-суется с наблюдениями противостоя-ний, всё же ошибочна». Оказалос... что при проверке других промежу-точных положений планеты расхож-дения с данными наблюдений дости-ли 8′. Всего четверть диска Луны — такая ошибка любому астроном... недавнего прошлого показалась б... несущественной. «Нам же, — отмеча-ет Кеплер, — благодаря милосерди... Божию дан в лице Тихо Браге тако... добросовестный наблюдатель, что ... его наблюдениях ошибка в 8 мину... характерная для Птолемеева наблю-дения, попадается лишь для того, что-бы мы с благодарностью оценили эт... милость и воспользовались ею. Нако-нец, это затруднение даёт нам воз-можность найти истинный вид небес-ных движений... Таким образом, эт... 8 минут указали путь к обновлени... всей астрономии, они явились мате-риалом для большей части этой рабо-ты». И дальше: «Здание, которое м... возвели на фундаменте наблюдени... Тихо, мы снова разрушили... Это бы-ло нам наказанием за следование та-ким правдоподобным, но в действи-тельности ложным аксиомам велики... авторитетов прошлого».

Первое поражение, за которы... последовали и другие неудачи, да... Кеплеру повод рассматривать сво... работу как сражение с коварны... противником, богом войны Марсо... В шутливом посвящении своей кни-ги императору Кеплер пишет: «Тщет-но астрономы обдумывали план би-твы, тщетно пускали в ход сво... военные средства и выводили в бо... свои лучшие войска... Марс смеял... над их ухищрениями, расстраива... их замыслы и безжалостно разруша... их надежды. Он продолжал спокойн... сидеть в укреплениях своих таинст-венных владений, мудро скрывая во... пути к ним от разведок неприятеля...

Итак, Кеплер пришёл к вывод... что найденная им схема — эквант — не отвечает действительности. Су-ществовал и другой возможны...

Слова «новая астрономия» и «физика неба» в заглавии не были пустым звуком. Кеплер стремился перейти от чисто математической модели к физической картине мира. Отчасти на ней ещё лежала тень аристотелевской механики, но всё же это был огромный шаг вперёд. У Аристотеля между Землёй и «надлунным миром» располагалась бездна. Небеса были сделаны из особого вещества — эфира — и подчинялись своим законам. Звёздная сфера обладала «перводвижением», которое нисходило по другим заключённым в ней сферам от Сатурна к Луне. Сферы были твёрдыми, прозрачными, сперва считались простыми, позже превратились в сложный механизм со смещёнными центрами и выемками для малых сфер-эпициклов.

У Кеплера перводвигателем служило Солнце. Оно вращалось и своим «силовым полем» увлекало планеты, которые, как наша планета и Луна, имели земную природу. Кроме того, небесные тела тяготели друг к другу. Позже, в книге «Гармония Мира», он писал: «Гравитацию я определяю как силу, подобную магнетизму — взаимному притяжению. Сила тем больше, чем оба тела ближе друг к другу...». В отличие от магнитной эта сила действовала на все вещества. С её помощью Кеплер впервые объяснил природу приливов.

Очевидно, Кеплер, признавая Солнце перводвигателем, вслед за Аристотелем считал, что движение прекращается с исчезновением силы. Положение это, много столетий тормозившее развитие динамики, было опровергнуто Галилеем лишь в 1632 г. Однако в своей теории Кеплер придал телам способность сопротивляться силе, названной им латинским словом «инерция» (*лат.* inertia — «неподвижность», «бездеятельность»). Это понятие, которое впоследствии стало важнейшим в механике, позволило ему объяснить эллиптичность планетных орбит.

Кеплер и Галилей не были лично знакомы, но ценили друг друга и некоторое время переписывались. Потом переписка прервалась. Слишком уж разными по характеру оказались



▲ Секретер учёного. Фрагмент картины XVI в.

IOANNIS KEPLERI
Mathematici Cæsarei
DISSERTATIO
Cum
NVNCIO SIDEREO
nuper ad mortales misso
à
GALILÆO GALILÆO
Mathematico Patavino.

Alcinous.
Δεῖ δ' ἐλευθέριον εἶναι τῇ γνώμῃ τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν.

Cum Privilegio Imperatorio.

PRAGÆ,
TYPIS DANIELIS SEDESANI.
Anno Domini, M.DC.X.

◄ Титульный лист диссертации Кеплера.



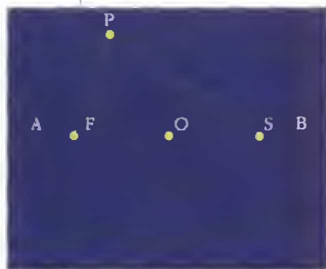


Иллюстрация к первому закону Кеплера. Планета P движется по эллиптической орбите. Эллипс имеет два фокуса. В одном из них находится Солнце (S). Точка B орбиты планеты, расположенная ближе к Солнцу, называется перигелием, точка A — наиболее удалённая от Солнца — афелием. Отношение OS/OB=e называется эксцентриситетом. Чем оно больше, тем сильнее вытянут эллипс. Для окружности e=0.

секторов орбиты. Действительно, произведение скорости планеты (а следовательно, пройденного ею за небольшое время пути) на расстояние до Солнца всегда постоянно.

Вероятно, так в начале 1602 г. было открыто соотношение между скоростью планеты и характеристиками её орбиты. Современная формулировка этой зависимости, позже получившей название второго закона Кеплера (открытого раньше первого) звучит следующим образом: «Радиус-вектор планеты в равные промежутки времени описывает (заметает) равные площади». Закон говорит о радиус-векторах, потому что на разных направлениях от Солнца эти радиусы различной длины. С физической точки зрения он является следствием сохранения момента количества движения планеты.

ОСАДА. ПЕРВЫЙ ЗАКОН

Зная для ряда моментов времени положения Солнца и Земли в пространстве, Кеплер смог вычислить и положения Марса. И тут его ждала неожиданность — орбита не желала вписываться в круг. Так рухнула ещё одна догма. «Вывод очень прост, — писал Кеплер, — путь планеты не окружность, он то вгибается внутрь, то выгибается наружу. Такая кривая называется овалом. Итак, орбита планеты не окружность, а овальная фигура».

Три года учёный потратил на поиски формы орбиты Марса. Правда, они были посвящены не только астрономическим расчётам. Кроме них Кеплер занялся оптикой. В те годы (накануне появления телескопа) он уже чувствовал, какое значение для астрономии может иметь оптика. С помощью линзы он наблюдал Луну в тёмном помещении, получив на экране её чёткое изображение размером с крупную монету. Свои мысли, опыты и схемы хода лучей Кеплер изложил в книге «Комментарии к Вителлию», вышедшей в 1604 г.

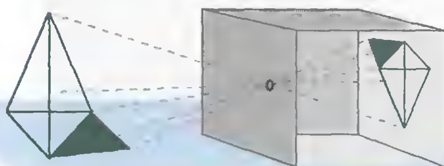
Поиски формы орбиты Марса продолжались. Учёный вынужден был пользоваться всё тем же методом подбора. Он вычислял и вычислял, однако совпадений не оказывалось. Сперва был отброшен овал — кривая, составленная из четырёх дуг окружности. Около года Кеплер возился с «овоидом» — фигурой, имеющей форму яйца. Наконец, учёный пришёл к выводу: «Правда лежит между кругом и овалом, как будто орбита Марса есть точный эллипс». Но и эллипс не подходил, пока Кеплер не расположил Солнце в его фокусе. Тогда, в начале 1605 г., всё сошлось и стало на свои места. На эллипс легли все точки орбиты, вычисленные из наблюдений, сходилась она и с законом площадей.

Это сделанное с таким трудом замечательное открытие получило название первого закона Кеплера, который теперь формулируется так: «Каждая планета обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце». Эллипс — это пропорционально сжатая окружность. Когда мы смотрим на круглый предмет сбоку, он тоже выглядит как эллипс: окружность — это лишь частный случай эллипса.

Роль центров в эллипсе выполняют два фокуса. Солнце лежит в одном из них. Эллипсы планетных орбит близки к окружностям.

ФИЗИКА

Только в 1609 г. с большими мучениями Кеплеру удалось опубликовать свой труд. В Гейдельберге была напечатана книга «Новая астрономия, причинно обусловленная, или физика неба, изложенная в исследованиях о движении звезды Марс, по наблюдениям благороднейшего мужа Тихо Браге» — за год до появления «Звёздного вестника» Галилея, в котором тот описывал первые в истории телескопические наблюдения.



Камера-обскура. Форма изображения в ней не зависит от формы отверстия, так как лучи света являются прямыми линиями, если размеры отверстия гораздо больше длины волны света. Работая с камерой-обскурой, Кеплер пришёл к пониманию геометрических свойств световых лучей и природы зрения.



относятся как кубы больших полуосей их орбит»:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}.$$

Сравним движения Юпитера и Земли. Юпитер обращается вокруг Солнца за 11,86 года (в знаменателе стоит один земной год), а удалён он от Солнца на расстояние в 5,2 раза дальше, чем Земля.

$$\frac{11{,}86^2}{1^2} = \frac{5{,}20^3}{1^3};$$

$$11{,}86^2 = 140{,}7;$$

$$5{,}20^3 = 140{,}6.$$

Все три закона Кеплера приложимы к спутникам планет — и естественным, и искусственным.

Очевидно, Кеплер, только нащупывавший законы динамики, не мог понять суть обнаруженной закономерности, которая казалась ему таинственной. Лишь в 1687 г. в своих «Математических началах натуральной философии» Исаак Ньютон сформулировал аксиомы динамики и закон всемирного тяготения. Законы Кеплера стало возможным рассматривать как частный случай более общих принципов. Однако исторически именно они явились основой и экспериментальным подтверждением новой небесной механики.

* * *

Судьба Кеплера трагична. Его преследовали в католической стране как протестанта, семейная жизнь сложилась неудачно, он редко вылезал из бедности, дети умирали один за другим. Мать Кеплера обвинили в колдовстве, и шесть лет он спасал её от костра. Кеплер скитался по Европе времён Тридцатилетней войны в качестве наёмного астролога при полководце Валленштейне. Умер он в чужом городе Регенсбурге на постоялом дворе 15 ноября 1630 г. в ожидании жалования, положенного ему как Первому математику императора Священной Римской империи — жалования, которое он не получал много лет. В довершение всего война пропахала регенсбургское кладбище, где был похоронен учёный, и от могилы Кеплера не осталось и следа.

Кеплер верил, что Бог призвал его на свет для того, чтобы открыть людям тайны Вселенной, и он неотступно шёл через тернии к звёздам. Он дал людям законы движения планет, объяснил происхождение приливов, заложил научные основы теории света, освещённости, атмосферной рефракции. Кеплер первым объяснил, как работают человеческий глаз, очки, оптическая камера, телескоп. Он написал первую научно-фантастическую повесть о полёте на Луну — «Сон», объяснил форму снежинок и научил виноделов Австрии простому способу вычислять объём пузатых бочек. Для этого, правда, пришлось сделать кое-какие открытия в области высшей математики.

Гармония мира — это и есть смысл жизни Иоганна Кеплера. Он нёс свой крест — думал и вычислял, а тяготы жизни... Их как бы и не было...



Дом в Регенсбурге, в котором 15 ноября 1630 г. скончался Иоганн Кеплер.

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

15 февраля 1564 г. в университетском городе Великого герцогства Тосканского Пизе родился Галилео Галилей, а три дня спустя в Риме скончался Микеланджело Буонаротти. Величайший художник эпохи Возрождения словно передал эстафету её славнейшему учёному. Эта эстафета — духовное освобождение человека от уз Средневековья. Для них она выражалась словами Библии: «И сказал Бог: сотворим человека по образу Нашему и подобию».

Человек, говорят нам краски и мраморы Микеланджело, не всесилен и не всемогущ, но богоподобен. В нём живёт красота духа Божия. И разум человека тоже богодарствен, вторит

Титульный лист книги Кеплера «Гармония Мира».

учёные. Кеплер обладал буйной фантазией и аналитическим умом, склонным к поискам математических закономерностей. У Галилея преобладал образный, но трезвый взгляд на вещи. Ему трудно было пробираться сквозь эмоциональные, многословные рассуждения Кеплера, и он не замечал открытых им законов движения светил. В конце жизни Галилей писал: «Я всегда ценил Кеплера за свободный (пожалуй, даже слишком) и острый ум, но мой метод мышления отличен от его, и это имеет место в наших работах об общих предметах. Только в отношении движения небесных тел мы иногда сближались в некоторых схожих, хотя и немногих концепциях... но этого нельзя обнаружить и в одном проценте моих мыслей».

ТРЕТИЙ ЗАКОН

Ещё в первой своей книге «Космографическая тайна», написанной им в 1596 г., Кеплер пытался найти математические законы геометрии Солнечной системы. Геометрия знает только пять правильных многогранников, а планет известно было шесть. Это навело Кеплера на мысль, что именно многогранники должны определять размеры пяти промежутков между орбитами планет. И ему удалось найти такое чередование вписанных и описанных фигур, которое приблизительно соответствовало действительным космическим расстояниям. Он вписал в сферу орбиты Сатурна куб, в орбиту Юпитера — тетраэдр (четырёхгранник), в орбиту Марса — додекаэдр (12-гранник), в орбиту Земли — икосаэдр (20-гранник), в орбиту Венеры — октаэдр (восьмигранник). При этом сфера каждой планеты касалась и вписанной в неё фигуры и фигуры, вписанной в сферу предыдущей планеты.

Кеплер подытожил свои размышления о числовых и геометрических соотношениях, господствующих в мире, в книге «Гармония Мира», вышедшей в 1619 г. Она дала астрономии третий закон Кеплера. В этой книге автор, говоря о соотношениях между периодами обращения планет и размерами их орбит, писал: «Здесь предстоит довершить и ввести сюда некоторую часть моей «Космографической тайны», оставленную нерешённой 22 года тому назад...». Решение стало возможным, после того как учёный, опираясь на законы, открытые при анализе движений Марса, вычислил размеры орбит остальных планет.

Мысль о решении пришла Кеплеру неожиданно: «...она зародилась в моём уме 8-го марта этого 1618 г., но была неудачно подсчитана и потому отброшена, как ложная; но, когда я 15 мая возвратился к ней, принявшись с новым увлечением, она наконец победила слепоту моего ума; это было столь великой наградой и моей семнадцатилетней работы над наблюдениями Браге, и направленного согласно с нею размышления, что я сперва готов был думать, будто сплю и предвосхищаю искомое среди данных. Но в высшей степени верно и точно, что отношение между периодами обращений каких-нибудь двух планет как раз равняется отношению полуторной степени их расстояний, то есть радиусов орбит...».

Сейчас этот закон формулируется следующим образом: «Квадраты звёздных периодов обращения планет

▸ Рисунок из книги Кеплера «Космографическая тайна» (1596 г.), показывающий, что пять правильных многоугольников можно разместить внутри совокупности концентрических сфер, радиусы которых соотносятся так же, как радиусы планетных орбит в модели Коперника.



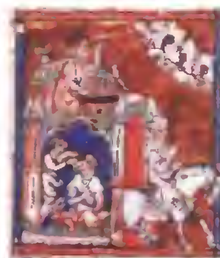
а не следуют глупому способу философствования».

10 октября 1604 г. в созвездии Змееносца вспыхнула неизвестная ранее звезда. В максимуме блеска она была ярче Юпитера. Галилей наблюдал её до конца 1605 г. Теперь известно, что это была вспышка сверхновой звезды в нашей Галактике. Галилей посвятил звезде три лекции в университете, на которые пришло более тысячи человек. Многие заинтересовались новым светилом. Звезда была в одном и том же месте небесной сферы, поэтому Галилей утверждал, что она находится гораздо дальше от Земли, чем Луна и планеты. Он предложил такую гипотезу: новая звезда является плотным скоплением земных испарений, освещаемых Солнцем. Это скопление поднялось в область сферы неподвижных звёзд. В гипотезе Галилея нет ничего такого, что позднее подтвердилось бы, а его лекции учат только тому, что всегда в природе существуют явления, которые сегодня невозможно объяснить даже приблизительно правильно.

* * *

Слухи о том, что в Голландии изобретена зрительная труба, дошли до Венеции в мае 1609 г. Галилей сразу же отправился в Падую и занялся сооружением подобного инструмента в своей мастерской. В первый же вечер он догадался, как она устроена, и сделал трубу с трёхкратным увеличением.

В августе 1609 г. Галилео Галилей изготовил трубу с увеличением в 30 раз. Труба имела длину 1245 мм; объективом у неё была выпуклая очковая линза диаметром 53 мм, а плосковогнутый окуляр имел оптическую силу –25 диоптрий. Использовано там было вовсе не очковое стекло, как принято думать с подачи самого Галилея. Он, видимо, понял, как можно задавать увеличение трубы, но предпочитал об этом не писать. Его телескоп был на порядок мощнее и лучше всех зрительных труб того времени. Но главное, Галилей первым понял, что основное научное назначение зрительной трубы — это наблюдение небесных тел. С 30-кратной



Первое изображение зрительной трубы. Брюссель, XIII в.



Муза Урания в окружении великих астрономов. Нидерландская гравюра. XVII в.





Галилео Галилей.

Галилей. Наш разум не может равняться с божественным, бесконечным по своим возможностям, но человек, постигший язык логики и математики, обратив глаза к природе, обретает знания той же достоверности, какая есть у Бога. Человек во всём может и должен положиться на свой разум именно потому, что он — дар Божий. Такой была вера великой эпохи.

* * *

Галилей принадлежал к знатной, но обедневшей флорентийской семье. Его отец Винченцо, известный музыкант и теоретик музыки, сделал немало для развития способностей сына. Родители были первыми учителями Галилео. Благодаря им мальчик получил начальное классическое, музыкальное и литературное образование.

В 1575 г. семейство вернулось во Флоренцию, где 11-летнего Галилео отдали в светскую школу при монастыре. Здесь он изучал языки, риторику, поэзию, музыку, рисование и простейшую механику. Мальчик настолько увлёкся этими предметами, что захотел стать живописцем и музыкантом. Однако Винченцо настаивал, чтобы сын помогал ему в сукон-

Книгу философии составляет то, что постоянно открыто нашим глазам, но, так как она написана буквами, отличными от нашего алфавита, её не могут прочесть все: буквами такой книги служат треугольники, четырёхугольники, круги, шары, конусы, пирамиды и другие математические фигуры.

(Галилео Галилей.)

ной торговле. Галилео забрали школы в 15 лет, но, заметив необ повенные способности сына, роди ли всё-таки решили послать ег университет. Они желали видеть его первенца врачом.

В сентября 1581 г. Галилео стал дентом Пизанского университета. поселился в доме родственника жил на стипендию. Занимался Гали главным образом самостоятель штудируя учебники по медицине, ды Аристотеля и особенно Плато которого полюбил за математи ский склад ума. Он увлёкся изготов нием машин, которые были описа в трудах Архимеда. Независимо мышления Галилео, его обдуман аргументы озадачивали преподава лей, а студенты прозвали его задир потому что споры о трудах Аристо ля часто переходили в острые смешки Галилео над оппонентом.

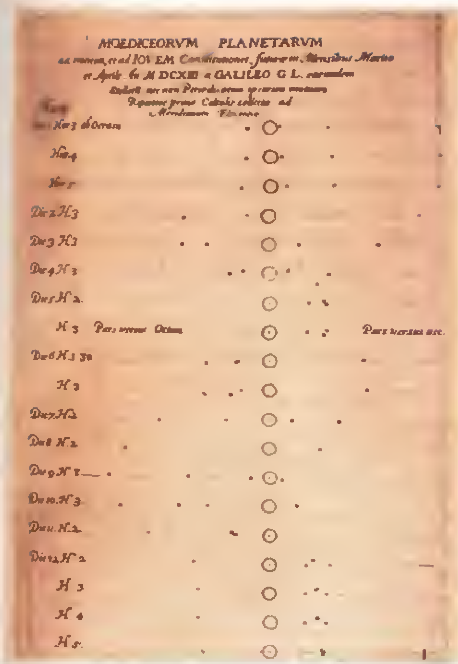
Медицина Галилея не интересо ла. Правда, с тех лет у него остал привычка использовать удары пул для измерения времени. В 1582 г. сделал несколько маятников. Набл дая за их качаниями, Галилео откр закон изохронности (от *греч.* «изос «равный», «одинаковый»; «хронос «время») колебаний: период колеба груза, подвешенного на нити, зави только от длины нити и не зависит массы и размаха колебаний.

На втором курсе Галилео попал лекцию по геометрии, увлёкся ма матикой и очень жалел, что не мо бросить медицину. На четвёртом г обучения ему не назначили стип дию. Оставшись без средств, в 158 он покинул университет и верну домой, чтобы заниматься матема кой и физикой.

Во Флоренции Галилео тайком отца брал уроки математики у др дома Остилио Риччи. Уже через год изучил сочинения Евклида. В 158 он написал две небольшие работ конструкции гидростатических ве и об определении центра тяже твёрдых тел. Винченцо Галилей п читал их и перестал препятствов математическим занятиям сына.

Первые труды Галилея заинтерес вали инспектора тосканских военн





◄ Галилеевы зарисовки спутников Юпитера.

теперь имеется не только одна планета, обращающаяся вокруг другой и вместе с последней — вокруг Солнца, но целых четыре, путешествующих и вокруг Юпитера, и вместе с ним — вокруг Солнца».

Новое открытие Галилей посвятил своему ученику — Великому герцогу Тосканскому Козимо II Медичи и назвал новые планеты Медичейскими светилами.

Никогда ещё научные открытия не производили столь ошеломляющего впечатления на культурный мир. Галилей стал знаменит. Французский король Генрих IV дал понять, что если учёный в честь него назовёт какую-нибудь звезду, то будет щедро награждён. Галилей стал экстраординарным профессором Пизанского университета (при этом он не был обязан читать лекции) и получил титул Первого математика и философа Великого герцога Тосканского.

Однако официальный научный мир встретил «Звёздный вестник» с недоверием. Галилей отправил экземпляр книги Кеплеру и попросил поддержки. Кеплер написал ответ и опубликовал его, назвав «Разговор со Звёздным вестником». В «Разговоре» Кеплер выразил полное доверие тщательности галилеевских наблюдений. Он предложил для «звёзд» Юпитера и для Луны новое название «спутник», уверенный, что спутники есть и у других планет.

Среди высказанных Кеплером в «Разговоре» мыслей Галилей многого не смог оценить или не хотел принять. Он обошёл молчанием законы Кеплера, которые описывали неравномерное движение планет по эллипсам, не принял он и гениальную догадку Кеплера о связи морских приливов с тяготением Луны, как и вообще все рассуждения о взаимодействии небесных тел.

Тем не менее дружеская поддержка Кеплера была очень важна для Галилея. В ответе на «Разговор» Галилей писал: «Посмеёмся, мой Кеплер, великой глупости людской. Что сказать о первых философах Пизанского университета, которые с упорством аспида, несмотря на тысячекратное приглашение, не хотели даже взглянуть ни на планеты, ни на Луну, ни даже на телескоп. Этот сорт людей думает, что философия — это какая-то книга вроде «Одиссеи» и истину, говоря их собственными словами, надо искать не в природе, а в сличении текстов. Как громко расхохотался бы ты, если бы слышал, что толковал против меня в присутствии Великого герцога Тосканского первый учёный здешней гимназии, как силился он аргументами логики, словно магическими заклинаниями, удалить с неба новые планеты».

Во многом Кеплер видел дальше Галилея. Он понимал, что планеты испытывают воздействие Солнца и поэтому их движение нельзя считать свободным от действия сил, т. е. инерционным. Галилей же полагал, что небесные тела не взаимодействуют, утверждал, что истинное инерционное движение есть движение по окружности. Он не стал разбираться в «Диоптрике» Кеплера и упустил возможность усовершенствовать свой телескоп. Ещё при жизни Галилея его телескопы были вытеснены телескопами кеплеровского типа. Возможно, Галилея отталкивал стиль


Телескоп Галилея.

Такими Галилей увидел кольца Сатурна в свой телескоп.





ДЖОРДАНО БРУНО

Бруно не был астрономом: он не вёл наблюдения небесных светил и не занимался вычислениями. И всё же значение его трудов и идей в истории астрономии, как и в естествознании в целом, очень велико. Да и вся история человечества была бы беднее без этой судьбы. Философ, мыслитель, создатель новой и поразительно смелой для своего времени картины мироздания, инакомыслящий и даже бунтарь, в своём служении Истине не знавший никаких компромиссов...

Филиппо — такое имя дали мальчику при крещении — родился в 1548 г. в городке Но́ла близ Неаполя, в семье небогатого дворянина, служившего в армии. «Ноланец» — так называл он себя всю жизнь, а свою философию — «ноланской», доставив тем известность маленькому городку. В 17 лет Бруно стал монахом католического монастыря, принадлежавшего доминиканскому ордену. При этом он принял новое имя — Джордано.

В монастыре молодой монах получил хорошее образование. Джордано был вызван в Рим, где многообещающего юношу представили Папе Пию V. Однако церковная карьера была не для него.

Обвинённый в ереси, 28-летний Джордано бежал в Женеву. Так начались многолетние странствия учёного по Европе.

В Лондоне в 1584 г. Бруно издал на итальянском языке (общепринятым языком науки была всё ещё латынь) прославивший его имя в веках труд «О бесконечности, вселенной и мирах». По обычаю времени книга была написана в виде диалогов, которые ведут несколько собеседников, выражающих разные точки зрения.

Джордано Бруно решительно высказался в защиту учения Коперника, что само по себе было дерзостью, но не остановился на этом. «Вселенная бесконечна», — сказал он. У неё нет и не может быть единого центра. Коперник, как и все астрономы до него, думал, что Космос замкнут «сферой неподвижных звёзд». Бруно же выдвинул головокружительную идею: звёзды — это другие солнца, отнесённые от нас на огромное и при этом разное расстояние. В небе — бесчисленные звёзды, созвездия, солнца и земли, чувственно воспринимаемые; разумом мы заключаем о бесконечном количестве других. Следовательно, кроме видимых небесных светил есть ещё много космических объектов, неизвестных нам. Вокруг других звёзд-солнц тоже вращаются планетные системы, подобные нашей. Планеты в отличие от звёзд светят не своим, а отражённым светом. Солнце, как и планеты, вращается вокруг оси — всеобщее движение есть закон Вселенной. В Солнечной системе помимо шести известных тогда есть ещё планеты, невидимые глазом в силу их удалённости от нас.

Миры — планеты и солнца — находятся в вечном изменении и развитии, рождаются и умирают. Меняется и поверхность Земли — за большие промежутки времени «моря превращаются в континенты, а континенты — в моря». Наконец, жизнь есть не только на Земле, она распространена во Вселенной, формы её бесконечно разнообразны, так же многообразны условия на разных планетах. Жизнь во Вселенной неизбежно порождает и разум, причём разумные существа других планет совсем не должны походить на людей — ведь Вселенная бесконечна, и в ней есть место для всех форм бытия.

Тогда эти идеи казались фантастическими, ослепляющими, безумно смелыми. Они рушили всю картину мира, известную и привычную его современникам.

Бруно утверждал: думать, что Вселенная ограничена, замкнута — значит оскорблять всемогущество Бога-Творца, который мог и должен был сотворить Бесконечность.

«Академик без академии», как Бруно называл себя, пытался преподавать в университетах и, несмотря на успех у аудитории, покидал одно место за другим под угрозой преследования со стороны властей. При этом он продолжал писать и издавать новые книги.

В 1592 г. Джордано вернулся на родину. Он остановился в Венеции, у знатного горожанина Джованни Мочениго, просившего Бруно обучить его наукам. Мочениго верил, что его учёный гость может превращать камни в золото, и, когда тот не стал обучать его «тайному знанию», раздосадованный, выдал его инквизиции. Узнав об аресте Бруно, Римский Папа Клемент VIII потребовал у независимой Венецианской республики его выдачи. Вот какую характеристику дали узнику судебные власти Венеции: «Он совершил тягчайшие преступления в том, что касается ереси, но это один из самых выдающихся и редчайших гениев, каких только можно себе представить, и обладает необычайными познаниями, и создал замечательное учение». Тем не менее в 1593 г. Бруно выдали римским церковным властям.

В тюрьме инквизиции Бруно провёл долгие годы. От него требовали отречения от «еретического» учения. На следствии он держался с редким мужеством и достоинством, открыто отстаивая свои взгляды. «Непосредственно я не учил тому, что противоречит христианской религии, хотя косвенным образом выступал против...» — заявить такое в лицо следователям инквизиции было событием беспрецедентным.

Смертный приговор Бруно был вынесен 8 февраля 1600 г. «Вероятно, вы с бо́льшим страхом выносите мне приговор, чем я выслушиваю его! — сказал осуждённый и добавил: — Сжечь — не значит опровергнуть». 17 февраля Бруно по обычаю инквизиции был заживо сожжён на костре в Риме, на Площади Цветов.



принимал участие ученик Галилея аббат Кастелли. Он настоял на том, чтобы обратиться к Галилею и обсудить соотношение Библии с астрономией. В декабре 1613 г. Галилей написал письмо Кастелли, в котором позволил себе неосторожное толкование Библии. Это письмо стало широко известно и встретило резкий отпор в богословских кругах. Доминиканец Каччини в начале 1614 г. обрушился с нападками на Галилея, объявив, что христианская религия несовместима с учением о движении Земли. Копия письма Галилея поступила в инквизицию, которая в феврале 1615 г. начала дело против учёного.

В том же году Галилей написал трактат под заглавием «Письмо к Великой герцогине Кристине». В нём он развивал теорию двойственной истины: есть истины науки, открывающиеся нам в опытах и необходимых доказательствах, и есть истины веры, религии. Это два разных мира, две самостоятельные сферы духа, которые не зависят друг от друга. Знания — не судья истинной вере, религия — не судья корректной науке. Во времена Галилея главные притязания на монополию истины исходили (пока ещё!) только от Церкви.

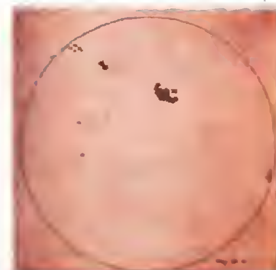
«Мне кажется, что при обсуждении естественных проблем мы должны отправляться не от авторитета текстов Священного Писания, а от чувственных опытов и необходимых доказательств. Природа неумолима и никогда не нарушает границ предписанных ей законов: она не заботится о том, доступны ли её сокрытые причины и методы творчества человеческому уму или нет. Я полагаю, что всё касающееся действий природы, что доступно нашим глазам или может быть уяснено путём логических доказательств, не должно возбуждать сомнений, ни тем более подвергаться осуждению на основании текстов Священного Писания, может быть даже превратно понятых». Конечно же, и это письмо было приобщено инквизицией к делу Галилея.

Галилей верил в прочность своего положения и могущество своего покровителя Козимо Медичи. В декабре 1615 г. он прибыл в Рим, чтобы защищаться перед Папой Павлом V.

24 февраля 1616 г. Священная коллегия Римской инквизиции сделала заключение, что учение о движении Земли «ложно и нелепо, формально еретично и противно Священному Писанию». 25 февраля кардинал Беллармино в своих личных апартаментах увещевал Галилея.

Мне кажется, что сеньор Галилео мудро поступает, что говорит предположительно. Я всегда полагал, что так говорил и Коперник. Потому что, если сказать, что гипотеза о движении Земли и неподвижности Солнца позволяет описать все явления лучше, чем принятие эпициклов, то это будет сказано прекрасно и не влечёт за собой никакой опасности. Для математика этого вполне достаточно. Но утверждать, что Солнце и действительно является центром мира, и вращается только вокруг себя, не передвигаясь с востока на запад, что Земля находится на третьем небе и с огромной быстротой вращается вокруг Солнца, — утверждать это значило бы нанести вред Святой вере, представляя положения Святого Писания ложными.

(Из письма кардинала Роберто Беллармино. 1615 г.)



▲ Галилеева зарисовка Солнца с пятнами.

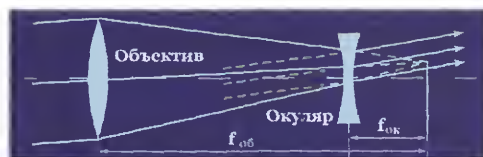


IL SAGGIATORE
Nel quale
Con bilancia esquisita e giusta
si ponderano le cose contenute
nella
LIBRA ASTRONOMICA E FILOSOFICA
DI LOTARIO SARSI SIGENSANO
Scritto in forma di lettera
VIRGINIO CESARINI
Acc.° Linceo M.° di Camera di N.S.
GALILEO GALILEI
Acc.° Linceo Nobile Fiorentino
Filosofo e Matematico Primario
del
Ser.mo Gran Duca di Toscana

IN ROMA MDCXXIII
Appresso Giacomo Mascardi

◄ Титульный лист книги Галилея «Пробирных дел мастер».





Ход лучей в телескопе системы Галилея.

> Наибольшим из всех чудес представляется то, что я открыл четыре новые планеты и наблюдал свойственные им собственные движения и различия в их движениях относительно друг друга и относительно движений других звёзд. Эти новые планеты движутся вокруг другой очень большой звезды так же, как Венера, и Меркурий, и, возможно, другие известные планеты движутся вокруг Солнца.
>
> *(Галилео Галилей.)*

трубой Галилей сделал все свои телескопические открытия. Она до сих пор хранится в музее во Флоренции.

Одну из труб Галилей преподнёс венецианскому дожу (правителю) как прибор для раннего обнаружения вражеского флота. В результате он был щедро награждён и пожизненно утверждён в должности профессора Падуанского университета с увеличением жалования в три раза.

Прежде всего Галилей приступил к наблюдениям Луны. Он увидел лунный пейзаж — цирки и кратеры, горные цепи и вершины, а также несколько больших тёмных пятен, которые назвал морями. Поверхность Луны оказалась схожей с земной.

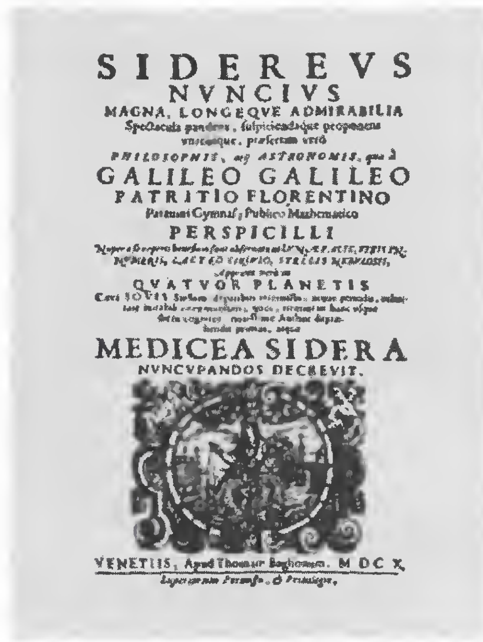
В конце 1609 г. и в начале 1610 г. Галилей начал первый обзор неба при помощи телескопа. Он обнаружил, что Млечный Путь — не что иное, как огромное скопление звёзд. Звёзды потеряли свои кажущиеся размеры, и стало понятно, что они действительно очень далеки от Земли, как и предполагал Коперник.

В ночь на 7 января 1610 г. Галилео Галилей обнаружил вблизи Юпитера три звёздочки. Во время последующих наблюдений он убедился, что видел спутники, которые остаются возле Юпитера, меняя своё положение относительно него.

В марте 1610 г. вышло сочинение Галилея «Звёздный вестник, открывающий великие и в высшей степени удивительные зрелища...», оповестившее мир о новых астрономических открытиях. О Луне он писал: «Поверхность Луны не вполне гладкая, лишённая каких-либо неровностей и идеально шарообразная, как полагает одна философская школа. Напротив, эта поверхность очень неправильная, испещрённая ямами и поднятиями, в точности как и поверхность Земли, которая повсюду пересечена высокими горами и глубокими долинами». Галилей смог оценить высоту лунных гор по длине теней, получив величину около 7 км. Он наблюдал «пепельный свет» диска Луны вблизи фазы новолуния, объясняя его тем, что тёмная поверхность Луны в это время освещается лучами Солнца, отражёнными от земной поверхности.

О своих наблюдениях спутников Юпитера Галилей сообщал: «Хотя я и принял их за неподвижные звёзды, меня удивило их расположение в точности на одной прямой линии, параллельной эклиптике... Две звезды располагались к востоку, а одна — к западу... Но когда я по воле Божией повторил наблюдения 8 января, то обнаружил совершенно иное расположение — все три звёздочки стояли к западу от Юпитера, ближе к нему и друг к другу...». И далее: «Не может быть сомнения в том, что они совершают свои обороты вокруг Юпитера, а вместе с ним в двенадцать лет — оборот около центра мира...

Мы приобретаем прекрасный аргумент против тех, которые, мирясь в системе Коперника с движением планет вокруг Солнца, настолько смущаются годичным обращением Луны вместе с Землёй вокруг Солнца, что отвергают эту мировую систему. Но



SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
PERSPICILLI
QVATVOR PLANETIS
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.
VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M DC X.

Титульный лист книги Галилея «Звёздный вестник».



самое естественное и должно быть присуще небесным телам. (И это было написано через 23 года, после Кеплерова доказательства эллиптичности планетных орбит!).

Во Второй день обсуждается вращение Земли вокруг оси. Сальвиати и Сагредо отмечают, что движение Земли как целого неощутимо для её обитателей, но зато позволяет совершенно естественно объяснить сразу множество наблюдаемых явлений. Неощутимость вращения Земли связана с таким свойством тел, которое Галилей назвал «неистребимо запечатлённым движением», а Кеплер — инерцией.

На Третий день разговор посвящён обращению Земли вокруг Солнца и строению Вселенной. Дискуссия начинается с оценок расстояний до Луны и Солнца и обзора свойств оптических приборов. Затем описаны наблюдения Медичейских светил и солнечных пятен, фаз Венеры, прямые и попятные движения планет.

Сальвиати затрагивает проблему, связанную с тем, что вследствие годичного движения Земли должны наблюдаться годичные смещения звёзд. Эти смещения, по его мнению, очень малы из-за большой удалённости звёзд. Их можно будет обнаружить, если увеличить точность наблюдений и следить за относительным перемещением двух близких звёзд, различающихся по яркости. Превосходящую по яркости можно считать более близкой, тогда у неё годичное смещение больше, чем у более далёкой звезды. Здесь Галилей описывает метод дифференциальных параллаксов, который позволил в XIX в. обнаружить первые параллаксы звёзд. Из монолога Сальвиати следует, что Галилей полагает, что звёзды находятся на разных расстояниях от Солнца, т. е. он фактически отказывается от понятия небесной сферы, покрытой неподвижными звёздами.

В течение последнего, Четвёртого, дня обсуждаются морские приливы и отливы. Галилей до конца дней своих надеялся, что приливные явления послужат решающим физическим доказательством сразу двух движений

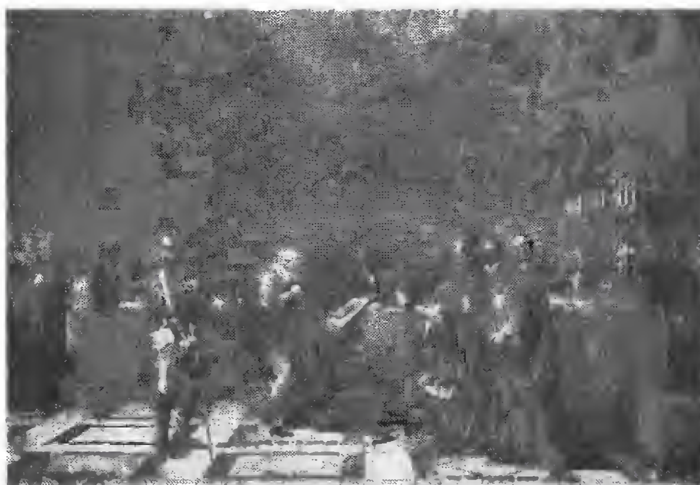
У Солнца нет решительно никаких свойств, по которым мы могли бы выделить его из всего стада неподвижных звёзд; поэтому утверждение, что каждая звезда есть Солнце, является совершенно разумным; теперь начните рассчитывать, сколько пространства в мире вы назначаете Солнцу для его собственного пользования и обитания, где оно оставалось бы холостяком и свободным от других родственных ему звёзд; затем примите во внимание неисчислимое количество звёзд и начните назначать столько же места каждой из них как бы ей во владение; тогда уже вы неизбежно придёте к необходимости признать всю область неподвижных звёзд гораздо большей, чем то, что вам представляется теперь чрезмерно обширным.

Что же касается того, что мог бы раскрыть мне рассудок сверх даваемого мне чувствами, то ни мой разум, ни мои рассуждения не в состоянии остановиться на признании мира либо конечным, либо бесконечным, и поэтому здесь я полагаюсь на то, что в этом отношении установят более высокие науки.

(Галилео Галилей.)

Ознакомившись со всем ходом дела и выслушав показания, Святейший определил допросить Галилея под угрозой пытки и, если устоит, то после предварительного отречения, как сильно подозрительного в ереси, в пленарном собрании конгрегации Святой инквизиции приговорить к заключению по усмотрению Святой конгрегации. Ему предписано не рассуждать более письменно или устно каким-либо образом о движении Земли, и о неподвижности Солнца, и о противном под страхом наказания как неисправимого. Книгу же, сочинённую им под заглавием «Диалог Галилея», запретить.

(Из постановления Конгрегации Святой инквизиции. 1633 г.)



Галилей перед судом инквизиции.



Открытие спутников Юпитера, фаз Венеры, солнечных пятен и т. д. потребовало лишь наличия телескопа и некоторого трудолюбия, но нужен бы был необыкновенный гений, чтобы открыть законы природы в таких явлениях, которые всегда пребывали перед глазами, но объяснение которых тем не менее всегда ускользало от изысканий философов.

(Жозеф Луи Лагранж. «Механика».)

мышления Кеплера, который придавал мистическое значение каждому своему открытию.

Галилей провёл в Падуе 18 лет. В сентябре 1610 г. он вернулся в родную Флоренцию и продолжил телескопические наблюдения. Здесь он наблюдал Сатурн и вновь, как в июле 1610 г. в Падуе, увидел звездообразные придатки по сторонам Сатурна и начал размышлять о «тройственности» этой планеты. Только в 1655 г. Христиан Гюйгенс понял, что Галилей обнаружил кольца Сатурна.

Во Флоренции в октябре 1610 г. Галилей открыл фазы Венеры, похожие на фазы Луны. Учёный сделал вывод, что Венера и другие планеты не светятся, а лишь отражают свет Солнца. При этом фазы планеты меняются так, что стало бесспорным: Венера движется не вокруг Земли, а вокруг Солнца.

Тогда же Галилей обнаружил на Солнце тёмные пятна. Эти пятна в конце 1610 г. и в начале 1611 г. независимо от Галилея наблюдали в телескопы английский математик Хэррисон, голландский астроном Йоханнес Фабрициус и немецкий учёный-иезуит Христоф Шейнер. Все наблюдатели отмечали, что пятна перемещаются по диску Солнца от восточного к западному краю. Шейнер считал, что пятна — небольшие планеты, обращающиеся вокруг Солнца. Фабрициус, как и Галилей, понял, что пятна находятся на вращающемся Солнце. Поэтому и скорость пятна в середине солнечного диска больше, а когда оно достигает края диска — меньше.

Галилей обнаружил, что центральная часть пятна темнее его краёв, что пятна появляются группами, чаще всего наблюдаются в пределах двух поясов по обеим сторонам от солнечного экватора и никогда не видны вблизи полюсов Солнца.

* * *

Новые открытия подтверждали систему мира Коперника. У Галилея появилось желание написать большой трактат о своих наблюдениях и о гелиоцентрической системе мира. Весной 1611 г. он поехал в Рим, чтобы попытаться убедить Ватикан в справедливости системы Коперника и добиться разрешения на публикацию задуманной книги. В Риме перед членами папской коллегии Галилей выступил с несколькими докладами, он показал отцам-иезуитам в свой телескоп горы на Луне, спутники Юпитера, пятна на Солнце и звёзды Млечного Пути. Римская коллегия подтвердила и благосклонно приняла открытия Галилея и отвела от него частные обвинения в ереси. Глава инквизиции кардинал Беллармино обсуждал с Галилеем проблему, как должен католик рассматривать систему Коперника в связи с Библией.

В 1613 г. Галилей выпустил книгу «История и демонстрация солнечных пятен». В этом труде он вполне определённо высказался в пользу гелиоцентрической системы. Галилей отстаивал в нём свой приоритет в открытии пятен перед Шейнером и доказывал, что пятна не являются планетами, а находятся на поверхности Солнца. Его книга была встречена благосклонно в самых высоких церковных кругах, но в это же время начали действовать противники Галилея.

Случилось так, что на званом обеде у герцога Тосканского физик Боскалья изложил герцогине Кристине свои сомнения относительно теории Коперника. В дискуссии

Наблюдения на экране Солнца с помощью телескопа. С картины художника XVII в.





квизиции. Галилей почти всё время болел и постепенно терял зрение. В июне 1637 г. он ослеп на правый глаз. Однако Галилей ещё успел обнаружить и изучить явление либрации (от *лат.* librare — «раскачивать») — покачивания Луны, благодаря которому наблюдатель с Земли может видеть больше половины поверхности нашего спутника. Затем наступила полная слепота.

В Арчетри учёный написал новую книгу «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых наук, механики и законов падения». Ему удалось передать рукопись французскому послу в Риме графу де Ноэлю, своему бывшему студенту. Де Ноэль отправил «Беседы» в Голландию в обход римской цензуры.

«Беседы» были изданы в Лейдене в 1638 г. Так же как история статики начинается с Архимеда, историю динамики открывают «Беседы» Галилея. Беседа продолжается между знакомыми героями «Диалога». В этот раз они обсуждают свободное падение тел, качание маятника, прочность механизмов, вычисляют площади, объёмы тел. Затем собеседники ведут речь о применении закона рычага в различных механизмах, о равноускоренном движении, о движении тела, брошенного под углом к горизонту, и убеждаются, что максимальная дальность полёта достигается, если угол равен 45°.

Галилей сделал всё, что хотел.

8 января 1642 г. он умер на руках сына и ближайших учеников — Вивиани и Торичелли. Папа Урбан VIII велел похоронить Галилея в монашеском приделе собора Санта Кроче во Флоренции без почестей и надгробия.

Но эстафету разума было уже не остановить — в год смерти Галилея миру явился Ньютон...

И когда 85 лет спустя Лондон торжественно похоронил сэра Исаака, Флоренция перенесла прах Галилея в усыпальницу собора Санта Кроче, и он упокоился рядом с Микеланджело Буонаротти. Через 340 лет уже Римский Папа Иоанн Павел II думал о строении Вселенной так же, как Галилей. Он признал преследования Галилея несправедливыми и снял обвинения с великого учёного.



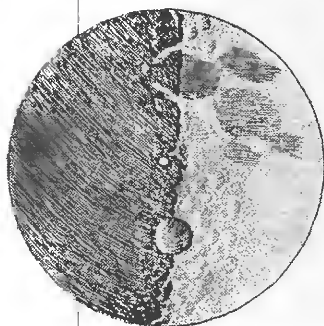




Страница из рукописи Галилея с его рисунками.



Титульный лист Галилеевых «Диалогов».



Луна. Зарисовка Галилея.

5 марта 1616 г. вышел декрет, который запретил учение Коперника. Гелиоцентрическая система была допущена только как математическая гипотеза, позволяющая более точно рассчитывать координаты небесных тел.

В 1623 г. появилась книга Галилея «Пробирных дел мастер». Он посвятил её новому Папе Урбану VIII, и она была принята им благосклонно. Весной 1624 г. Галилей отправился в Рим и на шести аудиенциях беседовал с Урбаном. Папа одарил Галилея подарками, но отказался даже слышать об отмене декрета своего предшественника. Учёный вернулся во Флоренцию с уверенностью, что ему удалось разогнать тучи над своей головой.

Галилей завершил работу над первой научно-просветительской книгой, написанной в защиту Коперника, — «Диалог о двух главнейших системах мира — Птолемеевой и Коперниковой». Рукопись была готова в конце 1629 г. Написанная на итальянском языке, она была доступна всей образованной Италии. Галилей использовал традицию Платона — беседу людей разных взглядов. В 1630 г. он отправился в Рим, чтобы получить разрешение на издание книги. Для одобрения Галилей послал в Рим только введение и заключение своей книги. В начале 1632 г. появились первые экземпляры с римским грифом: «Печатать разрешено».

«Диалог» длится четыре дня, его ведут три собеседника, два безвременно умерших ученика, два друга Галилея — учёный флорентиец Филиппо Сальвиати и любознательный, пылкий венецианец Джованни Сагредо, который выступает арбитром в споре Сальвиати с аристотелеанцем и схоластом Симпличио (*итал.* «Простак»), лицом вымышленным.

В Первый день собеседники обсуждают сходство земного и космического мира, возможность Земли называться планетой. Описываются все наблюдения Луны, которые выполнил Галилей. В этот же день они говорят об учении Аристотеля о движении. Сальвиати соглашается с утверждением Аристотеля, что круговое движение



уехала к нему в дом. Исаак остался с бабушкой. Через шесть лет мать Ньютона вторично овдовела и вернулась в усадьбу с тремя детьми. Исаак очень любил мать, только рядом с ней не чувствовал себя одиноким. Среди сверстников друзей у него не было. Он не участвовал в шумных играх, требовавших физической силы и сноровки, в которых он проигрывал. Зато Исаак часто выигрывал в шашки и всегда подчёркивал своё превосходство.

Читать, писать и считать Ньютон выучился в сельских школах Вулсторпа. Когда Исааку исполнилось 12 лет, дядя Уильям отправил его учиться в бесплатную Королевскую школу в Грантеме. Здесь он изучал латинский язык, закон Божий и начала математики.

Исаак жил в доме аптекаря Кларка, с женой которого была дружна мать Ньютона. В семье аптекаря было два сына и дочь. Исаак дружил с девочкой и враждовал с её братьями. Мальчики учились с ним в одном классе. Ньютон по успеваемости был одним из последних. Однако после очередной ссоры с братьями он решил обойти их в учёбе и добился своего, став лучшим учеником в школе. Он увлёкся латинским языком и началами богословия.

После школьных занятий Исаак предпочитал проводить время дома. Он мастерил сложные механические игрушки, модели водяных мельниц, самокаты, водяные и солнечные часы. Ему удалось сделать из дерева и ткани маленькую копию ветряной мельницы, построенной в Грантеме, и установить её на крыше дома аптекаря. Мельничка работала даже при слабом ветре. В безветренную погоду её крылья вращали пойманные мышки. Исаак увлекался также воздушными змеями, запуская их ночью с бумажными цветными фонарями, а в городе распространялись слухи, что опять появилась комета.

В доме аптекаря Исаак получил элементарные сведения по химии и увлёкся алхимией. Он проводил много времени в библиотеке, выписывая из книг сведения о правилах рисования пером и красками, о химических опытах, о лекарственных травах и медицинских снадобьях. Все книги были на латинском языке.

Осенью 1658 г. мать забрала Исаака из Грантема. Ей нужен был помощник в хозяйственных работах. Но фермер из Ньютона не получился. Он не интересовался своими владениями. Когда Исаака отправляли в Грантем продавать урожай, он оставлял слугу на рынке, а сам шёл в библиотеку к аптекарю или навещал директора школы Стокса.

Стокс и дядя Уильям убедили мать Исаака позволить сыну продолжить учёбу в Королевской школе. Осенью 1660 г. Стокс поселил Ньютона у себя и занялся его подготовкой к Кембриджскому университету. Исаак занимался латынью, учил древнегреческий и французский языки, штудировал текст Библии. Учитель Стокс и дядя Уильям были уверены, что их любимец станет знаменитым богословом.

В Грантеме Исаак прочитал книги Джона Уилкинса «Математическая магия» и «Открытие нового мира на Луне». Он узнал о механических машинах, линзах, вечном двигателе для путешествия на Луну, системе мира Коперника и законах Кеплера. Эти две научно-популярные книги разбудили гений Ньютона. Богатое воображение, страсть к механике, склонность к систематизации и поискам связей между явлениями, религиозность и вера в свою исключительность (ведь он родился в Рождественскую ночь) — всё это превратило юношеские увлечения Исаака в осознанное желание



Исаак Ньютон.



Дом И. Ньютона.
Вид со двора.
На стене — солнечные часы И. Ньютона.





Мавзолей Галилея
в монашеском приделе собора Санта Кроче во Флоренции.

Я более не упорствую в этом мнении Коперника после чего, как мне сообщено приказание, дабы я от него отрёкся. К тому же я здесь в Ваших руках и делайте со мной всё по Вашему усмотрению.

(Галилео Галилей.)

Когда я на днях осведомлялся в Лейдене и Амстердаме, нет ли там «Системы мира» Галилея, мне подтвердили, что её напечатали, но сказали, что все экземпляры были тогда же сожжены в Риме, а сам Галилей как-то наказан. Это меня поразило настолько, что я почти решился сжечь все мои бумаги или по крайней мере никому их не показывать... Не могу себе представить, чтобы его осудили за что-либо иное, чем за желание доказать движение Земли. Такое учение было осуждено некоторыми кардиналами, и я слышал, что его нельзя излагать публично даже в Риме, но я признаю, что если оно ложно, то ложны все основы моей философии, ибо из них оно явно следует.

(Рене Декарт.)

Земли — вращения и обращения. За время суток векторы этих движений для какого-то района Земли то складываются, то вычитаются. И в море вода колышется от берега к берегу, как в качающемся корыте.

Галилей запальчиво отверг гипотезу Кеплера о связи приливов с притяжением Луны. Сальвиати говорит: «Однако из всех значительных мужей, обративших свои размышления к этому удивительному явлению природы, удивляюсь я более Кеплеру, чем любому другому. Как мог он при своём свободном образе мыслей и глубоком взгляде на вещи, да имея ещё в руках учение о движении Земли, внимать с одобрением таким дикостям, как власть Луны над водами, скрытые качества, да и прочим сказкам для детей?». Но прав оказался Кеплер.

В предисловии к «Диалогу» Галилей прикрывает иронией своё отношение к теории Коперника. Однако небывалый успех книги привёл в крайнее раздражение врагов Галилея. Они убедили папу Урбана, что в лице простака Симпличио изображён именно он.

В августе 1632 г. была запрещена продажа «Диалога», но к тому времени почти весь тираж уже разошёлся. В сентябре Священная коллегия вызвала Галилея в Рим. Он был болен, однако его просьбу об отсрочке отклонили. 70-летний старец прибыл в Рим 13 февраля 1633 г. и остановился на вилле Медичи. Процесс начался в апреле. Галилей выбрал тактику отговорок и увёрток, избегал ясных высказываний. Но утомительные допросы, угроза пыток сломили его.

Галилея признали виновным в нарушении церковных запретов и приговорили к пожизненному тюремному заключению. После объявления приговора он, стоя на коленях, произнёс отречение от своих «заблуждений». Папа заменил тюремное заключение ссылкой на загородной вилле Великого герцога. Позже Галилея перевезли во Флоренцию и заключили на его собственной вилле Арчетри без права выезда.

Последние годы жизни учёного протекали под строгим надзором ин-



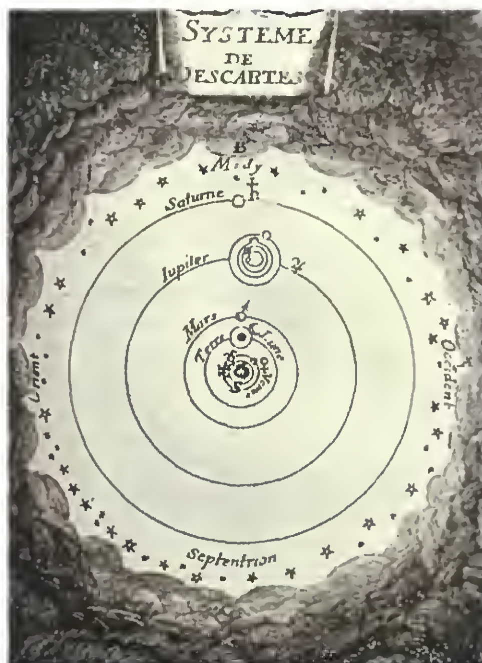
Они были написаны между 20 мая 1665 г. и ноябрём 1666 г. и содержали геометрические чертежи и формулы. В них Ньютон рассмотрел несколько математических задач, важных для механики и оптики.

С оптики-то всё и началось. Фокусное расстояние линзы определяется кривизнами её поверхностей. Радиус кривизны тогда определяли «на глазок», вычерчивая касательные к поверхности линзы в нескольких точках. Ньютон поставил цель найти аналитический, вычислительный способ вместо грубого геометрического. Обобщив достижения своих предшественников, Джона Валлиса и Исаака Барроу, он создал то, что назвал потом методом флюксий. Через некоторое время Ньютон понял, что процедура построения касательных к функции является обратной по отношению к процедуре вычисления площади под графиком этой функции. Это привело учёного к открытию метода обратных функций — сегодняшнего интегрального исчисления. (Здесь мы следуем терминологии Готфрида Лейбница, который открыл те же методы независимо от Ньютона, хотя и позже.) С помощью своего исчисления Ньютон мог быстро находить касательные, площади и объёмы любых сложных фигур, что было актуальным для торговли и строительства. Но главное применение его открытий было впереди.

Ньютон начал заново обдумывать систему мира Декарта, в которой природа оптических явлений и тяготения одна и та же. Но вихри Декарта не согласовывались с законами Кеплера, с движением комет. «Натуральную философию» Рене Декарта не удалось подтвердить математически.

Когда наглядная и симпатичная теория Декарта лопнула, не выдержав простых физических расчётов, Ньютон оказался в кризисе. Он отчаялся когда-либо узнать, имеется ли у природы скрытый принцип, который одновременно является и причиной движения небесных тел, и силы тяжести на Земле. Всё время Ньютона опять поглотило изучение природы света.

Однажды, закончив опыты, в темноте и духоте лаборатории, вулсторпский затворник вышел в сад. Был тихий августовский вечер, канун Преображения. Солнце закатилось, из-за кустов боком вышла круглая Луна — скоро полнолуние.



Система мира по Р. Декарту.



Титульный лист книги Ф. Вольтера «Элементы физики Ньютона». 1738 г.





НА ПУТИ К СОВРЕМЕННОЙ НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА

ИСААК НЬЮТОН

В Рождественскую ночь 1642 г. (согласно современному календарю, 4 января 1643 г.) в деревушке Вулсторп в доме недавно скончавшегося фермера Ньютона родился мальчик. Младенец появился на свет тихим, слабым и таким маленьким, что его можно было искупать в миске. Ему дали имя отца — Исаак. Исаа́к Нью́тон. Он пришёл в мир в тот год, когда во Флоренции предали земле прах Галилея.

Ньютон прожил 85 лет и отличался хорошим здоровьем.

Главные годы жизни Ньютона прошли в стенах колледжа Святой Троицы Кембриджского университета. Он любил одиночество, его голос слышали редко. Он терпеть не мог споров, особенно научных. Поэтому Ньютон всячески избегал публикаций. А размышлять и писать он любил.

В своём уединении этот тихий, молчаливый человек совершил переворот в отношениях человека и природы, в нашем миропонимании. Он создал язык классической науки, на котором она думает и говорит уже три века.

Гений науки был достойным сыном своего времени. Отстаивая права Кембриджского университета, он один посмел сказать Якову II, что закон выше короля. Новые деньги, отчеканенные Ньютоном в невероятно короткие сроки, способствовали процветанию британской экономики в течение всего XVIII столетия. Старый Исаак Ньютон принимал на Монетном дворе Петра I. Незадолго до смерти сэр Исаак получил известие, что русский царь основал-таки в Петербурге Императорскую Академию наук и художеств. Это тоже можно считать наследием Ньютона.

* * *

Детство Ньютона прошло в годы гражданских войн в Англии. Когда Исааку шёл четвёртый год, его мать вышла замуж за пожилого пастора и



РАЗМЫШЛЕНИЯ ПОД ЯБЛОНЕЙ

Галилей в своих «Диалогах» привёл расчёты, показывающие, что яблоко от орбиты Луны до Земли падало бы 3 ч 22 мин, предположив, что сила тяжести и ускорение падения тел и у Земли, и вдали от неё одинаковы. Ньютон видел всю слабость этого допущения: природные силы притяжения с расстоянием обычно убывают.

И ещё. У Галилея яблоко даже за лунной орбитой «чувствует влечение» к Земле. А вот Луна у него ничего подобного не чувствует, она «на своём естественном месте» и ходит себе кругами, без всякого ускорения. Однако законы движения для яблока и Луны должны быть одни и те же. Кеплер и Декарт это хорошо понимали... Из Декартова закона инерции следует, что искривление траектории движения тела вызвано некоей силой, Луна тоже испытывает ускорение. Ускорение — это главная искомая величина.

Ускорение яблока и ускорение Луны, убывание тяжести и убывание скорости планет с расстоянием, «Галилеево ускорение и третий закон Кеплера, соединить несовместимые идеи двух гениев!» — это озарение после длительной неосознанной работы ума указало Ньютону путь решения грандиозной задачи.

Во-первых, нужно было научиться определять величину ускорения, когда тело равномерно движется по окружности радиусом r со скоростью v; во-вторых, перевести закон Кеплера на язык динамики, язык ускорений; в-третьих, сопоставить «влечение Луны» и притяжение яблока.

Вдруг вся задача выстроилась сразу. А поиск решения требовал времени и труда. Это был только шаг к объяснению тяготения, совершённый летом 1666 г.

Первой была решена задача об ускорении при круговом движении тела. Ньютон нашёл, что ускорение прямо пропорционально квадрату скорости тела и обратно пропорционально радиусу пути:

$$a = \frac{v^2}{r}.$$

Эта школьная формула была выведена Ньютоном для расчёта тяготения и движения Луны.

Ньютон «вмонтировал» свою новую формулу в формулу третьего закона Кеплера, и стало видно, что центростремительные ускорения планет обратно пропорциональны квадратам их расстояний от Солнца:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

На основании этого Ньютон смог ответить на вопрос, каково ускорение гипотетического спутника Земли, движущегося прямо над её поверхностью, если известно, что величина ускорения Луны на орбите равна 0,27 м/с^2 и радиус её орбиты в 60 раз больше радиуса Земли. По его расчётам, ускорение низкого спутника должно превышать ускорение Луны в 60 × 60 = 3600 раз. Умножив 0,27 м/с^2 на 3600, Ньютон получил, что его ускорение приблизительно равно 9,8 м/с^2.

Но это и есть величина ускорения силы тяжести у поверхности Земли! «Итак, — провозглашает Исаак Ньютон, — сила, которой Луна удерживается на своей орбите, если её опустить до поверхности Земли, становится равной силе тяжести у нас, поэтому она и есть та самая сила, которую мы называем тяжестью и тяготением. Ибо если бы тяжесть была отличною от неё силой, то тела, стремясь к Земле под совокупным действием обеих сил, падали бы вдвое скорее и приобретали бы двойное ускорение (19,6 м/с^2), что совершенно противоречит опыту».

Таким образом, сила тяжести действительно в соответствии с законом Кеплера убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от центра движения. Постановку маленькой остроумной задачки о воображаемом спутнике Земли Исаак Ньютон считал едва ли не самой большой своей удачей в науке.







Обсерватория в Кембридже.

посвятить себя научному познанию как одной из форм служения Богу.

Ньютон прибыл в Кембридж в мае 1661 г., когда приём в университет был уже закончен. Однако, прочитав рекомендательное письмо дяди Уильяма, директор Тринити-колледжа (*англ.* Trinity — «Святая Троица») допустил Исаака к экзамену по латыни. Экзамен был сдан, и 18-летнего Ньютона зачислили в студенты колледжа в ранге «сайзера». Так называли бедных студентов, которые, не имея возможности платить за учёбу, должны были прислуживать профессорам колледжа. Удивительно, что Ньютон попал в положение слуги. По своим доходам его мать входила в число двух тысяч самых богатых людей Англии, но на учёбу сына денег почти не выделяла.

Первые три года студенты изучали диалектику, риторику, латинский и греческий языки, богословие, философию, математику и астрономию. Особое внимание уделялось в Тринити-колледже изучению Библии. Ньютон увлёкся богословием. Он штудировал труды великого гуманиста Эразма Роттердамского, который в начале XVI в. жил и работал в Кембридже. За свою жизнь Ньютон написал много богословских трудов и считал их своим основным делом, хотя заметного вклада в развитие религиозного мировоззрения он не сделал.

Исаак был прилежным студентом: деньги тратил не на пирушки и развлечения, а на инструменты и книги. В 1663 г. он приобрёл книгу по индуистской астрологии. Но она требовала знаний по геометрии и тригонометрии. Тогда Ньютон купил и изучил учебник по евклидовой геометрии. В том же году он увлёкся оптическими опытами и прочитал трактат Иоганна Кеплера «Диоптрика».

В марте 1664 г. в колледже начал читать лекции по математике и оптике профессор Исаак Барроу (1630–1677), который сыграл очень важную роль в жизни Ньютона.

Лекции Барроу помогли Ньютону разобраться в трудах французского мыслителя Рене Декарта (1596–1650). Он изучил «Геометрию», «Трактат о свете» и «Начала философии» Рене Декарта, который ввёл в математику алгебраические обозначения с помощью букв латинского алфавита. Он же предложил метод координат для геометрического изображения функций, введённых Кеплером.

В январе 1665 г. Ньютон получил степень бакалавра. К тому времени он имел свою программу исследований в богословии, математике и натуральной философии — физике.

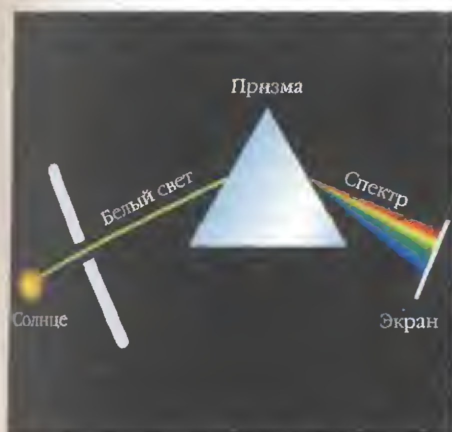
* * *

В 1664 г. в Англии началась эпидемия чумы. За три года (с 1664 по 1667 г.) только в Лондоне умерло около 30 тыс. человек. Спасаясь от заразы, жители городов убегали в деревни. В августе 1665 г. Тринити-колледж был распущен до лучших времён. Ньютон уехал в Вулсторп, взяв с собой набор лекарственных трав, блокноты, книги, инструменты, призмы, линзы и зеркала. Он пробыл в Вулсторпе до марта 1667 г.

За два чумных года Ньютон сделал три своих главных открытия: метод флюксий и квадратур (дифференциальное и интегральное исчисления), объяснение природы света и закон всемирного тяготения. Об удивительном творческом подъёме тех лет Ньютон позже вспоминал как о лучшей поре своей жизни.

Метод флюксий и квадратур изложен в пяти коротких мемуарах — так раньше называли научные записки.





ральной философии...». Однако в целом отношение к Ньютону было недоброжелательным.

В ходе полемики Ньютон убедился в своём превосходстве как экспериментатора и математика. Учёного раздражали некомпетентность и снобизм оппонентов, не желавших разобраться в его опытах и представлениях. Ньютон не находил ничего интересного в их отзывах и уже не хотел тратить время на бесплодные споры. В письме Ольденбургу от 8 марта 1673 г. он просил вычеркнуть его из списка членов Общества, но тот сумел уговорить Ньютона не покидать Общество. Вскоре учёный вновь написал Ольденбургу о том, что не желает заниматься натуральной философией и отказывается отвечать на критические замечания, чтобы «сохранить спокойную свободу».

В 1675 г. истёк срок пребывания Ньютона в колледже. Чтобы остаться членом колледжа, он должен был принять сан священника. Ньютон не вполне принимал догмат триединства Бога, так как это противоречило его представлениям о едином Боге, поэтому решиться стать священником не мог. Он поехал в Лондон, чтобы добиться королевского разрешения остаться членом колледжа, не принимая сана. Разрешение он получил, что было знаком большого расположения к нему короля.

В 1677 г. скончался Исаак Барроу. Ньютон очень тяжело переживал раннюю смерть своего учителя и друга. В 1678 г. умер Ольденбург, переписка с которым была для Ньютона единственным связующим звеном с научным сообществом. Он оказался в научной изоляции и привёл в исполнение свою угрозу «порвать с философией», хотя и продолжал физические и химические эксперименты, а также астрономические наблюдения.

◄ Опыт И. Ньютона по разложению света в спектр.

* * *

В библиотеке Ньютона было около 100 книг по химии и алхимии. В течение 30 лет (с 1666 по 1696 г.) он занимался химическими опытами и металлургией. Сохранился только один химический мемуар Ньютона — «О природе кислот». В нём есть замечательное размышление о золоте и ртути: «Золото состоит из взаимно притягивающихся частиц, сумму их назовём первым соединением (сегодня оно называется атомным ядром. — *Прим. ред.*), а сумму этих сумм — вторым (атомом. — *Прим. ред.*) и т. д. Ртуть и царская водка (смесь концентрированных кислот: азотной и соляной. — *Прим. ред.*) могут проходить через поры между частицами последнего соединения, но не через иные. Если бы растворитель мог проходить через другие



Телескоп И. Ньютона.

ПЕРВЫЙ СПЕКТРОСКОПИСТ НЕБА

Ньютон сделал попытку качественно сравнить свет Солнца и звёзд, изучив их спектры. О спектре, призме и её свойствах знали и раньше. Ньютон создал новый прибор — спектроскоп. Он поместил между источником света и призмой линзу, а потом для получения более насыщенной радужной полосы заменил круглое отверстие на щелевое.

Учёный объяснил природу спектра. Белый свет — это не особый цвет, как думали до него, а смесь семи простых цветов, которые по-разному отклоняются призмой. Из этой «оптической гаммы» складывается всё цветовое звучание мира — аккорды и мелодии.

Ньютон сделал первый шаг к изучению физической природы небесных тел. Он получил спектр пламени и указал на его сходство со спектром Солнца. Поместив призму перед объективом телескопа, он получил на экране спектр Венеры. Спектры звёзд на нём видны не были. Тогда Ньютон стал рассматривать их в окуляр телескопа. Спектр Сириуса он нашёл похожим на спектр Солнца. Это была первая проба сил будущего великого метода исследования небесных тел.



Стук упавшего яблока опять вернул его к давним размышлениям о законах падения: «Почему яблоко всегда падает отвесно... почему не в сторону, а всегда к центру Земли? Должна существовать притягательная сила в материи, сосредоточенная в центре Земли. Если материя так тянет другую материю, то должна существовать пропорциональность её количеству. Поэтому яблоко притягивает Землю так же, как Земля яблоко. Должна, следовательно, существовать сила, та, которую мы называем тяжестью, простирающаяся по всей Вселенной».

Ньютон вернулся в Кембридж в апреле 1667 г. В октябре того же года его избрали младшим членом колледжа и он получил небольшую стипендию. При посвящении в члены колледжа он дал клятву, в которой подтвердил, что принимает религию Христа, свои исследования посвящает Богу и не вступит в брак, будучи членом колледжа.

В 1668 г. Ньютон построил первый отражательный телескоп. Через год

РЕНЕ ДЕКАРТ, ИЛИ ПЕРВАЯ ПОПЫТКА ПРИМИРИТЬ ИДЕИ ГАЛИЛЕЯ И КЕПЛЕРА

Первым, кто решился соединить идеи крупнейшего физика Италии и первого астронома Германии, был величайший французский философ Рене Декарт.

Декарт уточнил Галилеев закон инерции. Тело, на которое не действуют никакие силы, будет двигаться равномерно и прямолинейно, а не по окружности. Галилей считал, что и корабль, огибая планету, и Луна, вращаясь вокруг Земли, движутся равномерно, по инерции, без усилий. Декарт уже видел, что обращение планеты — это движение с участием силы, ускоренное движение. Но величину центростремительного ускорения он рассчитать ещё не мог.

Вслед за Кеплером Декарт считал: планеты ведут себя так, как будто существует притяжение Солнца. Луна движется так, как если бы ею, подобно падающим телам Галилея, управляла тяжесть.

Вместе с Галилеем Декарт, однако, не признавал «скрытые сущности», которые нельзя было объяснить механически, вроде тяготения, действующего через пустоту. Для того чтобы объяснить притяжение, он сконструировал механизм Вселенной, в которой все тела приводятся в движение толчками.

Мир Декарта сплошь заполнен тончайшей невидимой материей. Лишённые возможности двигаться беспрепятственно, а значит прямолинейно, прозрачные потоки этой среды образовали в пространстве системы больших и малых вихрей. Вихри, подхватывая более крупные, видимые частицы обычного вещества, формируют круговороты небесных тел. Они лепят их, вращают и несут по орбитам.

Внутри малого вихря находится и Земля. Круговращение стремится растащить прозрачный вихрь вовне. При этом частицы вихря отжимают, гонят видимые тела к Земле, как вихрь воды в стакане сбивает к центру чаинки. По Декарту, это и есть тяготение.

Система Декарта была первой попыткой механически описать происхождение планетной системы, не прибегая ни к чуду, ни к божественному промыслу, чисто научно объяснить такие её закономерности, как обращение планет в одну сторону и в одной плоскости и их согласованное вращение. Она была необычайно модной в силу своей простоты и понятности. «Но в науке, — сказал Вольтер, — нельзя доверять ни тому, что будто бы очень легко понять, ни тому, что непостижимо».

Над идеями Декарта размышлял молодой Ньютон. Он показал, что околоземный вихрь должен терять своё движение, что его массивный напор оказал бы воздействие на земные тела не только в направлении сверху вниз (сносил бы их в сторону, не совпадающую с этим направлением, к центру Земли). Главное же — вихри Декарта оказалось невозможным согласовать с законами Кеплера: планеты в мире вихрей не могли бы устойчиво двигаться по эллипсам, и скорости планет должны были быть иными.

Ньютон указал на кометы как пример небесных тел, которые «бродят» около Солнца в любых направлениях, в том числе и навстречу движению планет. Он вновь вернул пространство к пустоте, которую Декарт изгнал из мира.

«Какой это был остроумный фантастический роман!» — сказал о Вселенной Декарта Вольтер, когда прочёл уничтожающий приговор английского физика.



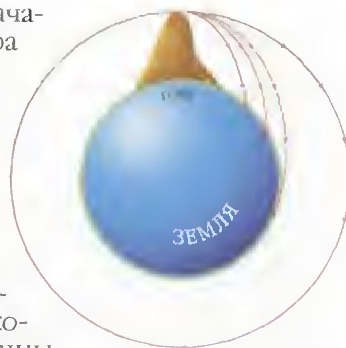
Франс Хальс. Портрет Декарта.



масс этих частиц. «Сила тяжести иного рода, нежели сила магнитная, ибо магнитное притяжение не пропорционально притягиваемой массе».

В «Началах» Исаак Ньютон использовал только геометрические методы. Флюксии и квадратуры появились лишь однажды во втором разделе, где он подчёркивал свой приоритет в открытии нового исчисления. Тем самым Ньютон сделал свой труд доступным современникам: ведь большинство из них не знало флюксий и квадратур. Годы старости Ньютона были омрачены спором с Лейбницем о том, кому из них принадлежит приоритет открытия методов нового исчисления.

Ньютон ждал реакции на «Начала». Рецензии друзей, философа Джона Локка и Галлея, были доброжелательными. Лейбниц и Гюйгенс, напротив, полностью отвергли взаимодействие на расстоянии и взаимное тяготение частиц, придерживаясь вихрей Декарта. Роберт Гук выступил в Обществе с претензиями, что все идеи «Начал» он давно предлагал, а те, которые не предлагал, ошибочны. Просто у него не было времени изложить свою систему на бумаге. Ньютон был раздосадован. Действительно, Гук иногда высказывал сходные идеи, но путано и бездоказательно. Он мог бы



Камень, брошенный с вершины горы с достаточной скоростью, может стать спутником Земли (по рисунку И. Ньютона).

«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАЧАЛА НАТУРАЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ»

Главный труд Декарта именовался «Начала философии». Ньютон свою книгу назвал «Математические начала натуральной философии». Смысл заглавия — «достоверные, не выдуманные основы физики», так как «натуральной философией» называлась тогда физика. Это звучало бы как вызов, если бы Декарт был жив. Основа физики была найдена Ньютоном. Ею стал закон тяготения.

Ко дню выхода «Начал» целая группа физиков — Гук, Галлей, Рен, Борелли — были уже на подходе к открытию принципов, а возможно и формулы тяготения, но... в бездоказательной форме. Ведь ни один из них не мог доказать, что орбитой небесного тела должен быть эллипс. Другими словами, они не умели решать основную задачу механики для тела, движущегося в поле тяготения: зная координаты и вектор перемещения тела, строить его траекторию вблизи тяготеющей массы.

Но в активе Ньютона было открытие дифференциального и интегрального исчисления. Сам по себе это был труд гения математики, а для физика — изобретение нового языка естествознания. В итоге Исаак Ньютон вывел из закона тяготения все три закона Кеплера, а также расширил его первый закон: небесные тела могут двигаться в поле тяготения не только по эллипсу, но при больших скоростях и по параболе, и гиперболе.

Современникам Ньютона мешала двигаться путаница в физических понятиях, накопившаяся ещё со времён древних греков. Нужен был гений физика. На первых страницах «Начал» Ньютон ввёл новые понятия «масса» и «сила», уточнил понятия «пространство», «время», «движение», «инерция». Здесь же сформулированы три закона динамики. Именно поэтому физические построения Ньютона столь ясны и непротиворечивы.

Но требовался ещё гений научной стратегии. Соперники Ньютона пытались, как Декарт, сразу ответить на вопрос, почему тела притягивают друг друга. Ньютон отказался от штурма и перешёл к осаде. Он дал математическую картину проявления тяготения, обходя главный вопрос, оставляя его потомкам.

Странным и непонятным был этот вид взаимодействия тел. От тяготения нельзя отгородиться никаким экраном, оно действует в пустоте, на расстоянии. Дальнодействие, отсутствие переносчика тяготения вызывало протест у оппонентов Ньютона и у него самого. Беспрерывно размышляя над тяготением, мучаясь в догадках, которыми он ни с кем не делился, ибо всегда повторял: «Гипотез не измышляю», Ньютон утешал себя тем, что доказал реальность существования гравитации — этого сфинкса Вселенной, а дело будущего — понять его природу.

От падения яблока в августе 1666 г. до момента, когда вышла книга, прошел 21 год. Создание основ механики, высшей математики, физики, астрономии, методологии науки — вот на что ушли два десятилетия раздумий. «Я много думал над этим», — говорил Исаак Ньютон в старости.

«Математические начала натуральной философии» — величайшее научное произведение за всю историю естествознания. В этом толстом томе за 300 лет развития науки ничто не умерло, не стало ошибкой, заблуждением. От английской промышленной революции до начала XX в. вся технология бурно развивавшегося мира питалась физикой Ньютона и науками, которые опирались на «Начала». XX век несколько потеснил классическую механику, но ведь вся космонавтика целиком вытекает из «Начал»!

он получил должность профессора и кафедру в Тринити-колледже. В его обязанности входило чтение лекций по греческому языку, математике и натуральной философии, которую он читал как курс своей физики. На лекции Ньютона мало кто ходил: они были сложными по содержанию и непривычными по манере изложения. Ньютон не любил пространных рассуждений и примеров. Лишь со временем его лекции стали нормой преподавания науки.

6 февраля 1672 г. Ньютон представил Лондонскому королевскому обществу естественных наук доклад «Новая теория света и цветов». Этот мемуар и был переработкой его «Лекций по оптике».

Некоторые члены Общества высоко оценили работу Ньютона. Известный шотландский математик и астроном Джеймс Грегори писал: «Я был крайне поражён опытами г-на Ньютона; они, по всей видимости, вызовут великие перемены во всей нату-

ТЕЛЕСКОПЫ НЬЮТОНА

Прошло уже полвека с тех пор, как Галилей навёл трубу на Луну, а учёный мир всё ещё не мог прийти в себя от потрясения. Телескоп показал, что наука способна открывать вещи совершенно неожиданные, за пределами привычного видения мира.

Но открытия доставались с трудом. Большие линзовые телескопы давали размытое, окрашенное по краям изображение. Чтобы ослабить радужную кайму, изготовляли тонкие длиннофокусные объективы, и телескопы получались длиной более 20 м. У них не было трубы, а только объектив и окуляр на концах «реи», подвешенный на вантах-канатах. Это были «воздушные телескопы» конструкции неистощимого на выдумки Гюйгенса.

Ньютон объяснил причину окрашенности изображения. Линза, как и призма, отчасти разлагает свет в спектр. Учёный ошибочно считал эту проблему неразрешимой и предложил средство, избавлявшее телескоп от хроматической аберрации: надо использовать в качестве объектива зеркало, а не линзу. Однако изготовить точные сферические зеркала не мог тогда ни один оптик в Европе. Кроме Ньютона. Ньютон-металлург сварил зеркальный сплав из меди, олова и мышьяка и отлил заготовки. Ньютон-механик отшлифовал и отполировал сферическое зеркало. Ньютон-оптик смонтировал инструмент. Свет от звезды шёл на зеркало, отражался на призму и отбрасывался к боковой стенке трубы, где крепился окуляр. Телескоп вышел компактный. Зеркало — 30 мм, длина трубы — 160 мм; он давал не очень яркое, но довольно чёткое изображение и мог соперничать в этом с длинными рефракторами.

В первый же ясный летний вечер 1668 г. Ньютон наблюдал галилеевы спутники Юпитера. Он присматривался к тем моментам, когда они исчезали за планетой или появлялись из-за неё из области тени. Незадолго перед этим датчанин Оле Рёмер из таких наблюдений за спутниками Юпитера вывел скорость света — около 300 000 км/с. Теперь Ньютона интересовало, все ли цвета имеют равную скорость. Если, к примеру, скорость красного цвета меньше скорости синего, то спутник в момент появления казался бы синеватым. Наблюдения убеждали в том, что скорость всех цветов спектра одинакова.

Карл II благосклонно отнёсся к новому английскому изобретению, осмотрел трубу, и создатель рефлектора в 29 лет был принят в члены Лондонского королевского общества.

Затем Ньютон, опередив технологию на 200 лет, изготовил телескоп со стеклянным зеркалом. Ещё два века соперничали друг с другом рефракторы и рефлекторы. Наконец, 100 лет назад именно стеклянные зеркала обеспечили рефлекторам окончательную победу над линзовыми телескопами.

Глава о телескопах в «Оптике» Ньютона заканчивалась пророческими словами: «В грядущие века главной помехой познания неба станет воздушный океан. Обсерватории будущего, оснащённые большими рефлекторами, поднимутся на вершины высочайших гор...». Это было сказано, когда только строился старый Гринвич!

Телескоп принёс огромную славу британскому Галилею, но, как и у Галилео Галилея, главный труд Исаака Ньютона был ещё впереди.



Схема телескопа И. Ньютона.



В апреле 1705 г. королева Анна посвятила Ньютона в рыцари.

* * *

В 1722 г. у Ньютона начались старческие болезни, но он продолжал находиться на посту президента Общества и руководить Монетным двором. Он готовил текст «Начал» к новому изданию и пробовал опять заняться движением «строптивой» Луны, в котором оставалось много неувязок с теорией. Для этого Ньютон запрашивал у Галлея, ставшего директором Гринвичской обсерватории, дополнительные сведения о наблюдениях Луны. В 1726 г. он выпустил третье издание «Начал».

2 марта 1727 г. Ньютон, как обычно, председательствовал на заседании Общества. Вернувшись в свой загородный дом 4 марта, он почувствовал острые приступы мочекаменной болезни и слёг. В ночь на 31 марта на 85-м году жизни Ньютон тихо скончался.

Исаак Ньютон был торжественно похоронен в Вестминстерском аббатстве. Над его могилой высится памятник с бюстом и эпитафией: «Здесь покоится сэр Исаак Ньютон, дворянин, который почти божественным разумом первый доказал с факелом математики движение планет, пути комет и приливы океанов. Он исследовал различие световых лучей и проявляющиеся при этом различные свойства цветов... Прилежный, мудрый и верный истолкователь природы, древности и Святого Писания, он утверждал своей философией величие всемогущего Бога, а нравом выражал евангельскую простоту. Пусть смертные радуются, что существовало такое украшение рода человеческого».

Незадолго до смерти Ньютон говорил: «Не знаю, чем я могу казаться миру, но сам себе я кажусь только мальчиком, играющим на морском берегу, развлекающимся тем, что иногда отыскиваю камешек более цветистый, чем обыкновенно, или красивую ракушку, в то время как великий океан истины расстилается передо мной неисследованным».

ЧЕТЫРЕ ПРАВИЛА НАУЧНОГО РАССУЖДЕНИЯ

Правило 1. Не должно требовать в природе других причин сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений...

Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.

Правило 2. Поэтому должно приписывать одинаковые причины явлениям природы одного рода... например: дыхание людей и животных; падение камней в Европе и Америке; свет кухонного очага и Солнца, отражение света на Земле и на планетах. (вспомним падение яблока и движение Луны. — *Прим. ред.*)

Правило 3. Такие свойства тел, которые не могут быть ни усилены, ни ослаблены и которые оказываются присущи всем телам, над которыми возможно проводить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще (например, протяжённость, тяготение. — *Прим. ред.*).

Правило 4. В экспериментальной и наблюдательной науке выводы, полученные из явлений с помощью общей индукции (из ряда сходных наблюдений. — *Прим. ред.*), должны быть почитаемы за точные или приближённо верные, несмотря на возможность противных им гипотез, пока не обнаружатся такие явления, которыми эти выводы или ещё более уточняются, или же окажутся подверженными исключениям. Этому правилу должно следовать, чтобы доводы индукции не уничтожались гипотезами.

(По книге Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии».)



Надгробие на могиле И. Ньютона в Вестминстерском аббатстве.



И. Ньютон получает спектр солнечного света.

соединения, иначе, если бы можно было разделить частицы золота первого и второго соединений (если б можно было разделить атомное ядро! — *Прим. ред.*), то золото сделалось бы жидким и текучим. Если бы золото могло течь, то оно могло бы быть превращено в какое-нибудь другое вещество». Эта ньютоновская гипотеза на современном языке означает, что для разрушения атомов золота надо найти способ разделения атомных ядер — «первых соединений». Гений — он и в алхимии гений. Ньютон много занимался металлургическими опытами, часто использовал ртуть и к 30 годам стал совсем седым.

В 1680 г. Ньютон вернулся к задачам механики и к проблеме тяготения. В тот год появилась яркая комета. Ньютон уже знал, что небесные тела вблизи Солнца должны двигаться по эллипсам, параболам или гиперболам. Лишь обладая такой гипотезой, можно было построить по нескольким наблюдениям пространственный путь кометы, так как наблюдают ведь только направление на комету, но не расстояние до неё. Ньютон лично провёл наблюдения и первым в астрономии построил и начертил орбиту кометы (см. статью «Кометы). Путь кометы 1680 г. оказался параболой, что подтвердило теорию тяготения Ньютона. Как обыч
он описал результаты своего откр
тия, а рукопись легла в стол.

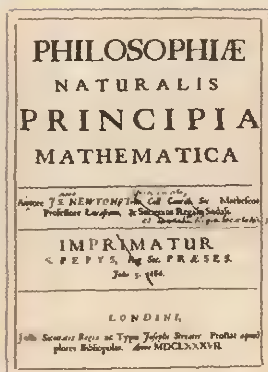
Такие же наблюдения комет
1682 г. провёл Эдмунд Галлей, но
не владел методом построения орб
уже известным Ньютону.

В августе 1684 г. Галлей был в Ко
бридже и посетил Ньютона. Оказало
что у того есть решение и этой, и мн
гих других задач, связанных с дви
нием небесных тел. К тому же ес
неизданная книга — величайшая
книг о природе, сравнимая по сво
культурно-исторической значимос
может быть, только с Библией, — о
под названием «Математические на
ла натуральной философии» (*ла*
Philosophiae naturalis principia math
matica). Галлей умолил Ньютона на
чатать рукопись и взял на себя все р
ходы по её изданию. Книга вышл
1687 г. Её тираж (250 экземпляро
быстро разошёлся, и скоро она ст
редкостью.

«Начала» написаны в стиле Евк
да, и главная их цель — доказать,
закон всемирного тяготения след
из наблюдаемого движения план
Луны и земных тел, которое анали
руется с помощью ньютоновск
принципов динамики.

Книга состоит из введения и тр
разделов. В третьем, астрономи
ском, разделе Ньютон выводит зак
всемирного тяготения и его след
вия. Он показывает, что из закон
Кеплера и трёх законов динами
следует существование силы тяго
ния между Солнцем и планетами.
ла тяготения обратно пропорц
нальна квадрату расстояния меж
планетой и Солнцем. Ньютон доказ
вает, что тяготение Луны вызыв
приливы океанов на Земле, что тя
тение Земли и Солнца есть причи
сложного движения Луны, а тяго
ние Солнца порождает прецесс
земной оси и многообразие ком
ных орбит. Ньютон приходит к вы
ду, что «тяготение ко всей план
происходит и слагается из тяготен
к отдельным частям её». Тогда люб
частица имеет силу притяжения
сила тяготения между двумя части
ми пропорциональна произведен

Титульный лист книги И. Ньютона «Математические начала натуральной философии».







◂ Астролябия. XVI в.

войсках. Якову Вилимовичу Брюсу (1670—1735) Пётр поручил подбирать для России учёных и преподавателей, закупать различные инструменты и книги.

Первой страной, куда прибыло «Великое посольство», стала Голландия. Там необычные послы учились строить корабли. В Голландии, где не было и нет ни одного монумента царственным особам, стоит памятник русскому корабельному плотнику «Петру Михайлову». В свободное время они знакомились с университетом, библиотеками, музеями, встречались с учёными. Здесь Антони ван Левенгук (1632—1723) демонстрировал Петру микроскоп.

В Англии царь хотел изучить научно разработанные кораблестроение и кораблевождение. Он посетил Лондонское королевское общество, побывал в университетах Оксфорда и Кембриджа. Несколько раз он ездил в Тауэр, где размещался Монетный двор. Его директором тогда был Ньютон. Пётр детально ознакомился с особенностями проведённой им перечеканки монет и осуществил такую же реформу в России.

Царь трижды в сопровождении Брюса посетил Гринвичскую обсерваторию, беседовал с Джоном Флемстидом о его лунной теории и провёл наблюдения Луны, о чём 9 марта 1688 г. в журнале Гринвичской обсерватории была сделана запись.

В Гринвиче Пётр встретился и с Эдмундом Галлеем — тогда помощником Флемстида. Царь настойчиво звал его работать в Россию — организовать там школу для моряков и обучить их астрономии. Галлей отклонил это предложение и рекомендовал вместо себя шотландца А. Д. Форварсона (1675—1739). Он приехал в Москву и проработал в России до конца своих дней. Пётр был весьма доволен посещением Англии.

* * *

В 1699 г. в Москве по указу царя начала работать Школа математических и навигацких наук — первая школа в России, где в числе других дисциплин преподавалась астрономия.

Для неё в 1692—1695 гг. была специально выстроена Сухарева башня. Её архитектура напоминала адмиралтейский корабль тех времён. По приказу Петра сюда перенесли огромный звёздный глобус, что стоял на колокольне Ивана Великого. Передали в школу и первую карту звёздного неба на русском языке, отпечатанную по указанию царя в 1699 г. в Амстердаме. Карта была снабжена накладными координатными сетками для того,



Яков Вилимович Брюс.



Сухарева башня в Москве.



ТВОРЕЦ И ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ

Во Вселенной Ньютона Бог не может вмешиваться в дела сотворённой им Природы, так как законы динамики позволяют описать судьбу любой системы, если заданы массы, начальные скорости и положения небесных тел. Но определение этих начальных условий и есть воля Творца: «изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа».

Непрерывное действие всемирного разумного начала Ньютон допускал и в качестве причины, объясняющей возможность тяготения на расстоянии: «Предполагать, тело может действовать на другое на любом расстоянии в пустом пространстве, без посредства чего-либо передавая действие и силу, — это, по-моему, абсурд... Тяготение должно вызываться чем-то или кем-то постоянно действующим по определённым законам. Является ли, однако, это нечто материальным или нематериальным, решать это я предоставил моим читателям».

стать единомышленником и коллегой Ньютона, но оказался крайне недоброжелательным критиком. Самолюбие и обидчивость не позволили Ньютону забыть резкость высказываний Гука до конца жизни.

Вселенная, заполненная телами, которым присуща сила тяготения, согласно Ньютону, должна быть бесконечной. В этом случае материя «никогда не сбилась бы в одну массу, а одна часть образовала бы одну массу, другая — другую, так что образовалось бы бесконечное число больших масс, рассеянных на больших расстояниях одна от другой по всему этому бесконечному пространству. Именно так могли бы образоваться Солнце и другие звёзды».

* * *

В конце 1691 г. в доме Ньютона произошёл пожар. Погибло много рукописей. Возможно, именно в этом пожаре сгорели черновые наброски «Начал». Пожар потряс Ньютона настолько, что у него наступило временное умопомешательство. После выздоровления он вернулся к прежней жизни.

В 1694 г. Чарлз Монтегю, друг Ньютона, был назначен канцлером казначейства (пост, равный по статусу министерскому) и пригласил Ньютона на должность смотрителя Монетного двора с 600 фунтами годового жалованья. Монтегю рассчитывал на его познания в металлургии и механике в связи с подготовкой финансовой реформы. Ньютон принял предложение и перебрался в Лондон.

После окончания гражданских войн Англия была наводнена фальшивыми деньгами. Государственные монеты легко подделывали, потому что процесс их чеканки был очень прост. При Карле II на Монетном дворе поставили новую штамповочную машину и начали чеканку новых монет правильной формы и с надписью по ободку. Дело шло очень медленно, а для преодоления кризиса необходимо было в короткий срок перечеканить все монеты.

Ньютон быстро разобрался в работе Монетного двора и организовал её так, что скорость чеканки увеличилась в восемь раз. Он столкнулся с политическими дрязгами, забастовками служащих Монетного двора. На него писали доносы, ему предлагали взятки. Однако в эпоху всеобщей коррупции он строго и честно выполнял свои обязанности. Перечеканка закончилась в 1699 г., и денежная реформа за неделю была совершена, вызвав, правда, волнения в Лондоне. Благодаря этому успеху Ньютон получил должность главного директора Монетного двора.

В 1703 г., после смерти Гука, Ньютона избрали президентом Лондонского королевского общества. Он отметил своё избрание тем, что подарил Обществу новый прибор — солнечную печь. Она состояла из системы линз и, фокусируя солнечные лучи, могла плавить металлы. Но был и другой подарок. В 1704 г. опубликована вторая книга — «Оптика». В отличие от «Начал», написанных на латыни, «Оптика» написана по-английски. Ньютон хотел, чтобы его книга была доступна как можно большему кругу читателей.

«Оптика» состоит из трёх разделов. Первый раздел посвящён геометрической оптике и описанию состава белого света. Во втором рассматриваются опыты с цветами тонких плёнок, в третьем описаны явления дифракции (огибания светом препятствий).



ЗВЁЗДНЫЙ ЧАС МИХАЙЛО ЛОМОНОСОВА

Всю жизнь Ломоносову не была чужда астрономия. И родом он был из Холмогор — села, в котором за поколение до него была основана первая русская обсерватория, и угломерным поморским прибором умел пользоваться. Но звёздный час для Ломоносова-астронома наступил в 50 лет.

26 мая 1761 г. европейские астрономы, разъехавшиеся по всей Евразии, прильнули к окулярам своих телескопов. Они всматривались в дрожащий край Солнца, на котором с минуты на минуту должна была появиться чёрная горошина — диск планеты Венеры. Шла одна из первых международных научных акций — наблюдение за прохождением Венеры по диску Солнца. Точное измерение моментов его начала и конца в разных местах Земли позволяло уточнить параллакс Солнца, а значит, и расстояние до него — астрономическую единицу.

Ломоносов наблюдал не по общей программе, но «любопытства больше для физических примечаний». Вступление началось в четыре часа утра. В тот момент край Солнца слегка прогнулся, словно уступая натиску диска планеты, и стал «неявствен и несколько будто стушёван, а прежде был чист и везде равен». В последний момент вхождения ему показалось, что сзади Венеры на краю Солнца образовался выступ. Но Венера ещё надвинулась на Солнце, и выступ исчез.

Времени для раздумий было достаточно. Шесть часов Венера ползла по солнечному диску к другому краю. Теперь Ломоносов знал, на что ему надо обратить внимание.

До края Солнца оставалось ещё около 1/10 «Венерина диска», а на нём уже появился «пупырь, который тем явственне учинялся, чем ближе Венера к выступлению приходила... Вскоре оный пупырь потерялся, и Венера оказалась вдруг без края». Полное схождение с диска «было также с некоторым отрывом и неясностью солнечного края».

«По сим замечаниям (наблюдениям. — *Прим. ред.*), — писал учёный в академическом отчёте, — господин советник Ломоносов рассуждает, что планета Венера окружена знатной атмосферой, таковой (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного».

Разумеется, явление Ломоносова (так его потом будут называть) видели многие астрономы. Но видели, да не увидели. Ведь дело в том, какими глазами смотреть. Для геометра, измеряющего расстояние, «неясность края» мешает точности; для человека же, ищущего «физических примечаний», здесь масса тонкостей. Ломоносов смотрел как астрофизик. У него были глаза учёного XIX в. Такие же глаза были у молодого английского музыканта Уильяма Гершеля, но он пока ещё ни разу не смотрел в телескоп.

Открытие атмосферы на другой планете — одно из ярчайших в XVIII в. Ломоносов хотел сразу развить его дальше. В его планы входило детальное изучение поверхности планеты, которая могла оказаться обитаемой. Даже её горам он заранее дал названия: «Семирамида, Клеопатра, Сафо...» (в его записках 1763 г.).

Ломоносов готовил новые средства наблюдения. Он разрабатывал и совершенствовал «ночезрительные трубы», или «ночегляды». По своей схеме он изготовил телескоп-рефлектор с наклонным главным зеркалом без дополнительного и, испытав его, пришёл к выводу, что «изобретение произошло в действие с желаемым успехом». Эта схема телескопа носит название Ломоносова — Гершеля.

Однако атмосфера Венеры оказалась настолько «знатной», такой это оказался твёрдый орешек, что не только за четыре последних года жизни Михаила Васильевича Ломоносова, но и за два века после него астрономы не очень далеко продвинулись в её исследовании. Ровно 200 лет спустя после звёздного года Ломоносова, в 1961 г., к Венере пошла отечественная космическая станция — самая первая в мире. Радиоастрономия и космонавтика XX века раскрыли тайны Венеры.

На Венере теперь есть и кратер Сафо, и кратер Клеопатра.



Обсерватория М. В. Ломоносова на Мойке в Петербурге.



Ф. И. Шубин.
Бюст Михаила Васильевича Ломоносова.



РОССИЙСКАЯ АСТРОНОМИЯ В ЭПОХУ ПЕТРА

В середине XVII в. волна интереса к астрономии наконец докатилась и до России. В 1650 г. царю Алексею Михайловичу подарили огромный звёздный глобус, который смогли поместить только в основании колокольни Ивана Великого.



Большой академический глобус. На внутренней поверхности глобуса размещена карта звёздного неба.

В 1662 г. своды царской столовой были украшены огромной картиной, изображавшей геоцентрическую систему мира Птолемея. Каждая планета была изображена со своими эпициклами. Орбиты Солнца, Луны и планет среди знаков Зодиака отсвечивали золотом. Одна из копий картины предназначалась для обучения семилетнего Петра.

С системой мира Коперника Пётр, по-видимому, познакомился по русскому переводу «Космографии» голландца Виллема Янсзона Блау (1645 г.). Перевод, оставшийся в рукописи, излагал на равных системы Птолемея и Коперника, но с большей симпатией к гелиоцентризму.

Об открытиях астрономов XVII в. 11-летний Пётр мог узнать из «Селенографии» Яна Гевелия в русском переводе. Об этом свидетельствует пометка, сохранившаяся в описи книг царя Фёдора Алексеевича.

В 1688 г. юный Пётр узнал об инструменте, с помощью которого можно было измерять расстояния до предметов, не приближаясь к ним. Он приказал достать такой инструмент. Яков Фёдорович Долгорукий купил его во Франции, однако пользоваться им никто в Кремле не умел. Но нашли знатока. В Москве на Кукуе (в Немецкой слободе) жил голландец Франц Тиммерман, который только что определил долготу Москвы относительно Гринвичского меридиана.

Тиммерман был доставлен ко двору и показал 16-летнему Петру, как пользоваться «загадочным» теодолитом, а также обучил его угловому измерению высот светил с помощью астролябии (в то время основного инструмента моряков). Пётр пришёл в восторг и приказал назначить Тиммермана царским учителем. Тиммерман преподавал будущему императору математику, фортификацию. Пётр узнал, как важна астрономия для картографии и мореплавания. Вместе с Тиммерманом Пётр нашёл в сарае у боярина Никиты Романова старый ботик, ставший «дедушкой» русского флота.

В 1697—1698 гг. для изучения кораблестроения и других наук Пётр отрядил в Европу «Великое посольство», в составе которого и сам, избегая помпезных встреч и приёмов, поехал инкогнито, под именем «волонтёра Петра Михайлова». Его сопровождала свита сподвижников, начинавших службу у него ещё в «потешных»



Портрет Петра I. Выполнен в мозаичной мастерской М. В. Ломоносова.

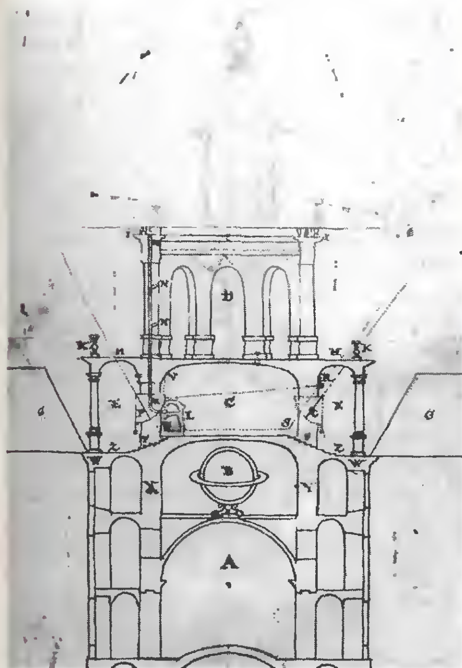


▸ Астрономический угломерный инструмент. Первая половина XVIII в.



Выбор Петра был верным. «Выполняя предначертания Петра Великого», как любил повторять Делиль, он в 1727 г. основал при Петербургской Академии наук Астрономическую обсерваторию и Географический департамент (1735 г.). Петербургская обсерватория по богатству оборудования, продуманности работ и полученным результатам в XVIII в. была одной из лучших в Европе. Но главное, Делиль создал петербургскую астрономическую школу высококлассных наблюдателей-астрометристов — первую научную школу России.

Делиль ввёл в практику российских астрономов, геодезистов и штурманов астрономические наблюдения с использованием наиболее точных для своего времени методов. Результатом этого явился «Атлас Российский», изданный в 1745 г.





Россия, в начале XVIII в. не имевшая ни одной карты с градусной сеткой, к середине столетия располагала картами, построенными на таком большом числе астрономически надёжно определённых пунктов, какого не имела ни одна страна мира, даже Франция, которая первой в Европе начала проведение градусных измерений.

◄◄ Проект академической обсерватории Ж. Н. Делиля в башне Кунсткамеры.

▲ Кунсткамера в Петербурге. Макет.

ВОСЕМНАДЦАТЫЙ ВЕК И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

На пороге XVIII столетия Исаак Ньютон соединил мощные математические методы с данными астрономических наблюдений и добился ошеломляющего успеха, который вывел науку в центр внимания человечества. Небесная механика, основанная Ньютоном, стала царицей наук XVIII в. В начале столетия Эдмунд Галлей ещё призывал комету в «свидетели» истинности ньютоновской теории тяготения. В конце же века Пьер Симон Лаплас в своём «Изложении системы мира» завершил картину гравитационной Вселенной — мира, построенного на тяготении, в котором Бог не обнаруживает себя даже как творец небесных тел и их систем.

В XVIII в. быстро развивалось мореплавание. Для составления точных географических карт и кораблевождения нужно было найти метод измерения долгот на море. Разные страны Европы наперебой объявляли премии за лучший способ решения этой задачи и в XVII, и в XVIII вв. В 1713 г. британское правительство объявило премию в 20 тыс. фунтов тому, кто



ЛЕОНАРД ЭЙЛЕР

Леонард Эйлер (1707—1783) родился в Базеле (Швейцария). Там в те годы жила и творила замечательная династия учёных-математиков Бернулли. Поступив в Базельский университет, Эйлер стал учеником наиболее выдающегося представителя этой семьи — Иоганна Бернулли (1667—1748), в течение всего XVIII в. считавшегося ведущим математиком Европы.

Окончив университет, молодой Эйлер вскоре получил приглашение в Петербург, куда он и прибыл в 1727 г., став адъюнктом Петербургской Академии наук — самой молодой в мире. Несколько раньше Эйлера в Петербург прибыли сыновья Иоганна Бернулли, математики Даниил и Николай. Даниил Бернулли (1700—1782) также был и механиком.

Эйлер проработал в Петербурге 14 лет — до 1741 г., когда он принял приглашение короля Фридриха II и стал членом Берлинской академии наук. Но он не порывал связей с Петербургской Академией, публикуя в петербургских изданиях свои труды. В 1766 г. Эйлер вернулся в Петербург, где жил до самой кончины. Несмотря на то что вскоре после возвращения он ослеп, Эйлер продолжал активно работать. Ему помогали сын и молодые академики Георг Крафт, Андрей Лексель и Николай Фусс. Они производили для него вычисления, писали под его диктовку. Всего за свою жизнь Эйлер опубликовал около 850 работ, затрагивающих самые различные разделы математики, механики и астрономии.



Ж. Д. Рашетт. Бюст Леонарда Эйлера.

чтобы производить навигационные расчёты.

Брюс организовал в Сухаревой башне обсерваторию, оснастил её инструментами и сам обучал наблюдениям. Он издал карту звёздного неба и выпускал знаменитые «брюсовы» календари (1709—1715 гг.). Брюс также перевёл книгу Христиана Гюйгенса «Космотеорос» (1698 г.), излагавшую систему Коперника и теорию тяготения Ньютона. В русском переводе она называлась «Книгой мирозрения» и долго служила учебником как в школах, так и в университете, образованном при Петербургской Академии наук (1725 г.).

Одним из учителей навигацкой школы был Леонтий Филиппович Магницкий (1669—1739), автор знаменитой «Арифметики...» (1703 г.), которую Ломоносов называл «вратами своей учёности». Она представляла собой краткий учебник, в котором излагались основы физико-математических наук, и одновременно задачник. В «Арифметике» описаны способы определения географических широт. Определение долгот не затрагивалось.

А. Д. Форварсон по поручению Петра занимался предвычислениями затмений, составлял астрономические календари, готовил учебные пособия по астрономии и математике.

Пётр научился у Брюса определять долготу места методом наблюдения солнечных затмений. Это было сложнее, чем делать то же самое по затмениям Луны. Он поручил Брюсу сообщать ему о предстоящих затмениях и лично наблюдал солнечные затмения 22 марта 1699 г., 1 мая 1705 г. и, возможно, другие.

Пришла пора начать составление географических карт России, изучать моря. И тут выяснилось, что, хотя воспитанники навигацкой школы и основанной в 1715 г. Морской академии со старанием применяли полученные знания, точность их измерений была неудовлетворительной. На основе астрономических наблюдений они могли определить только широту мест, а долготу высчитывали приблизительно, по корабельному лагу. Определить долготу мест из астрономических наблюдений они не умели! Форварсон и «навигацкие» учителя оказались не на высоте.

Осознав это, Пётр снова поехал за границу. Он задумал посетить Данию и Францию, где уже действовали первые государственные обсерватории и процветало мореплавание. В Копенгагенской обсерватории Пётр наблюдал прохождение звёзд через меридиан для определения их положения



▸ Дом Я. В. Брюса в Глинках.



А вот как узнать, сколько времени в тот же момент в Париже или в каком-нибудь другом пункте с известной долготой?

С древних времён применяли способ определения долгот из наблюдений лунных затмений. Момент вхождения Луны в земную тень и выхода из неё не зависит от положения наблюдателя. Если известен момент начала или конца затмения по парижскому времени и установлен тот же момент по местному, их разность и составит разницу долгот в часовой мере. Однако этот метод был неудобен: лунные затмения наступают редко, а их моменты из-за размытости края земной тени регистрировались с небольшой точностью.

Открыв четыре спутника Юпитера, хитроумный Галилей предложил использовать их наблюдения для определения долгот. Луны Юпитера тоже время от времени попадают в тень своей планеты, и их затмения также наступают одновременно для всех наблюдателей. Явления в системе Юпитера наблюдаются в 180 раз чаще, чем лунные затмения, а момент начала и конца затмения в этом случае регистрируется точнее, чем в случае затмения Луны.

* * *

Чтобы использовать этот метод, нужно было иметь теорию и таблицы движения галилеевых спутников. Эту задачу довольно успешно решил в 1666 г. итальянский астроном Джова́нни Домени́ко Касси́ни (1625—1712). Незадолго до того, в 1664 г., он определил период вращения Юпитера, измерил сплюснутость планеты и описал систему полос на её поверхности. В 1666 г. он очень точно вычислил период вращения Марса вокруг своей оси.

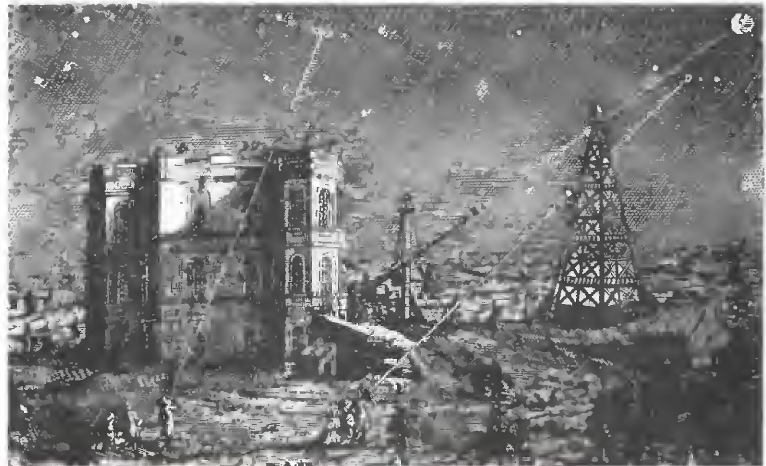
Когда встал вопрос о строительстве Парижской обсерватории, король по совету французского астронома Жана Пика́ра (1620—1682) на должность директора новой обсерватории пригласил Кассини. Сделал это он не потому, что во Франции не было своих астрономов. Выбор пал на профессора Болонского университета Джованни Доменико Кассини (которого во Франции стали называть Жан Доминик) именно благодаря его таблицам спутников Юпитера.

Строительство Парижской обсерватории закончилось в 1671 г., спустя два года после прибытия Кассини и избрания его академиком. Парижская обсерватория — первая значительная государственная обсерватория в Европе. До того обсерватории были, как правило, частные. Все они прекращали свою деятельность после смерти, разорения или изгнания их владельцев.

Парижская обсерватория была хорошо оснащена. В 1671 г. Кассини открыл второй спутник Сатурна (Япет), на следующий год — третий спутник (Рею), в 1684 г. ещё два (Тетис и Диону). В 1675 г. он обнаружил, что кольцо Сатурна состоит из двух частей, разделённых тёмным промежутком — *делением Кассини*. По измерениям положений пятен на Солнце Кассини изучал его вращение, а в 1679 г. составил большую карту Луны.



Джованни Доменико Кассини.



Парижская обсерватория.
▼



Кольца Сатурна. Рисунок Дж. Д. Кассини.
▼ ▼







▸ Пассажный инструмент. XVIII в.

▸▸ Домашняя обсерватория в саду одного из домов Петербурга.

с помощью редкого тогда и наиболее точного пассажного инструмента.

В июне 1717 г. Пётр со свитой приехал в Париж. Там он прежде всего захотел познакомиться с королевским географом Гийо́мом Дели́лем (1675—1726). «Царь заходил повидать его запросто, чтобы сделать ему некоторые замечания о Московии, — писал академик Бернар Фонтене́ль, — а ещё более, чтобы узнать от него лучше, чем у всех остальных, о своей собственной империи». Французские карты «Московии» были лучше российских. Но и Пётр преподнёс русскую карту Каспийского моря Парижской академии наук, которая была «совсем иного вида, нежели прежние карты, географами об оном изданные. Она принята была с отменным удовольствием и с чрезвычайным почтением, и тот час царь Пётр был признан почтеннейшим и знаменитейшим Парижской академии членом».



Жозеф Николя Делиль.

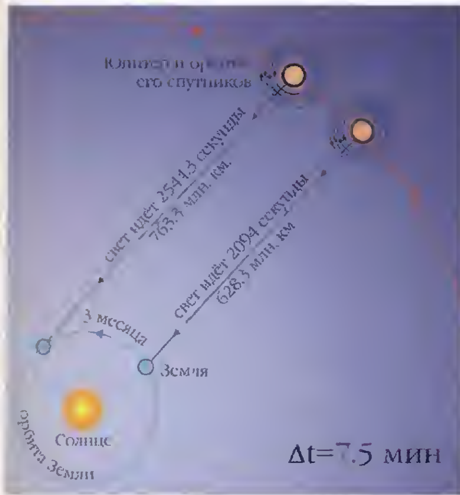
В Париже Пётр посетил Сорбонну, Королевскую библиотеку, Коллеж Мазарини и Парижскую обсерваторию, где он беседовал с её директором Жаком Кассини и Гийомом Делилем.

Гийом Делиль отказался поменять короля Людовика XV на царя Петра I и познакомил его с братом — Жозе́фом Николя́ Делилем, астрономом, физиком, географом и историком науки. С Петром он встретился в один из трудных периодов своей жизни. Жозеф Делиль в то время был почти единственным во Франции ньютонианцем. В начале XVIII в. учение Ньютона было признано только на Британских островах. Во Франции безраздельно царило картезианство — учение Декарта. Научные планы Делиля было невозможно осуществить у него на родине.

Встреча с Петром перевернула всю жизнь Делиля. Встречаясь с императором в Париже, снабжая его списками книг и инструментов, которые следовало купить, Делиль высказывал и свои соображения о том, что нужно было бы делать в России по астрономии, геодезии, картографии и физике. Планы Делиля и он сам так понравились Петру, что царь сразу же пригласил француза поработать в России.

Пётр и потом неоднократно повторял своё приглашение Делилю, но тот решил ехать лишь после того, как царь лично одобрил его программу научных работ в России. Делиль приехал в Петербург в 1726 г., увы, уже при Екатерине I, которая повторила приглашение своего покойного супруга. «Делиль привёз в обширное Русское государство науку о звёздах во всём её объёме», — писал о его переезде историк Фуши́.





◂ Проводя измерения периода орбитального вращения спутника Юпитера Ио, О. Рёмер заметил, что при движении Юпитера от противостояния к соединению, период обращения Ио увеличивается. Связав это изменение периода Δt с увеличением расстояния от Земли до Юпитера Δr по формуле $c=\Delta r/\Delta t$, О. Рёмер получил первую надёжную оценку скорости света.

закон площадей. По своим убеждениям он был картезианцем (сторонником учения Декарта; *лат.* Cartesius — Картезий) и, как и его отец, считал Землю вытянутым сфероидом. В то же время он осуществил немало полезных исследований: продолжил градусные измерения во Франции, начатые его отцом; изучал орбиты спутников Юпитера и Сатурна, строение колец Сатурна. Пост директора обсерватории наследовали сын Жака Кассини Сеза́р Франсуа́ (1714—1784), а затем внук Жак Доминик (1748—1845). Династия Кассини руководила работой обсерватории 125 лет — вплоть до Великой французской революции.

Пожалуй, главным мероприятием, осуществлённым под руководством Жака Кассини, было измерение дуг земного меридиана в Перу и Лапландии, проведённое в 1735—1743 гг. для выяснения формы Земли. Он надеялся, что полученные результаты поставят крест на теории Ньютона.

Первым горячим ньютонианцем во Франции был писатель и философ, насмешник Мари Франсуа Аруэ́ — всем известный Вольтер (1694—1778). В «Философских письмах» из Англии (1733 г.) великий мыслитель смеялся над французскими картезианцами, над их Землёй, вытянутой, как лимон, над Парижской академией, называя её европейским захолустьем.

Другим сторонником идей Ньютона во Франции был астроном Жозеф Николя Делиль (1688—1768), который начал работать в Парижской обсерватории ещё при старшем Кассини. Приверженность Делиля воззрениям Ньютона явилась причиной глубокой неприязни к нему со стороны Жака Кассини и его окружения. Дело доходило до того, что доклады Делиля в Парижской академии наук, посвящённые обоснованию взглядов Ньютона, не публиковались в её трудах и не упоминались в протоколах. И когда в 1717 г. Париж посетил русский царь Пётр I, Делиль принял его приглашение поехать в Россию. Здесь он стал основателем астрономической школы (см. статью «Российская астрономия в эпоху Петра»).

Крупным астрономом-наблюдателем Парижской обсерватории был Николя́ Луи Лакайль (1713—1762). Он проводил систематические определения координат звёзд, причём не только в Париже, но и в Южном полушарии. Он составил каталог свыше 10 тыс. звёзд южного неба, хотя и не смог обработать до конца все свои наблюдения. Лакайль довольно точно определил значение солнечного параллакса, составил таблицы затмений.

После смерти Лакайля при двух последних Кассини работы Парижской обсерватории пришли в упадок. Во время Французской революции директор обсерватории Жак Доминик Кассини был арестован и провёл несколько месяцев в заключении. Потом его, правда, освободили, но он сложил с себя обязанности директора.

В активной деятельности Парижской обсерватории наступил почти 40-летний перерыв — до вступления



Оле Рёмер.



Петербургская Академия наук.



КОГО МЫ ЧТИМ ВЕЛИКИМИ ЛЮДЬМИ?

Недавно в одной именитой компании был поднят известный банальный вопрос: кто из великих людей — Цезарь, Александр Македонский, Тамерлан или Кромвель — был более велик. Один из участников спора сказал, что, вне всякого сомнения, самым великим был Исаак Ньютон. Он оказался прав, ибо если истинное величие состоит в том, чтобы, получив от неба мощный талант, использовать его для самообразования и просвещения других, то человек, подобный Ньютону, едва ли встречающийся однажды на протяжении десяти веков, действительно велик, в то время, как все эти политики и завоеватели, без которых не обошлось ни одно столетие, обычно суть не что иное как именитые злодеи. Мы чтим тех, кто владеет умами силою своей правды, но не тех, кто путём насилия создаёт рабов; тех, кто познал Вселенную, а не тех, кто её обезобразил.

(По книге Ф. Вольтера «Философские письма». 1733 г.)

предложит метод измерения долгот с точностью до половины градуса. В 1716 г. большую премию назначил Филипп Орлеанский, регент при малолетнем Людовике XV. Естественные науки и математика впервые стали делом политической важности. Чтобы решить эту проблему, были основаны первые в Европе государственные обсерватории: Копенгагенская, Парижская, Гринвичская.

▸ Христиан Гюйгенс.

ПАРИЖСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ И ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТ

В 1666 г. в Париже была организована Королевская академия естественных наук. Её организатором явился министр финансов короля Людовика XIV Жан Батист Кольбер. Официальным президентом Академии считался король, но фактическим её руководителем был замечательный голландский учёный Христиан Гю́йгенс (1629—1695).

Гюйгенс значительно усовершенствовал астрономическую оптику, изобрёл двухлинзовый окуляр, носящий его имя. Он построил 24-футовый телескоп (имевший длину трубы 24 фута, или 7,2 м; см. статью «Телескопы — от Галилея до наших дней»). Пользуясь им, он установил, что кольцо Сатурна «тонкое и плоское, нигде не соприкасается с планетой и наклонено к эклиптике». Гюйгенс сам не верил своим глазам — ведь ничего подобного астрономы ещё не знали. Он открыл спутник Сатурна Титан, полярные шапки Марса и полосы на Юпитере. В 1657 г. он изобрёл маятниковые часы с механизмом спуска гири, благодаря которому колебания маятника не затухали. Такие часы были необходимы для регистрации точных моментов астрономических наблюдений. Он усовершенствовал балансир для карманных часов. Это позволило Джону Гаррисону спустя столетие построить морской хронометр.

Франция была второй морской державой мира и также нуждалась в решении проблемы определения долгот. Если широты ещё с античных времён определялись сравнительно просто — по угловой высоте звёзд над горизонтом, то с долготами дело обстояло сложнее. Было известно, что разность долгот двух пунктов пропорциональна разности их местных времён. Местное же время данного пункта можно определить, например, по Солнцу (см. статью «Местное время»).







Звёздный каталог Флемстида был первым каталогом, составленным по наблюдениям в телескоп, соединённый с точным угломерным инструментом. Точность небесных координат светил в нём была намного больше, чем в предшествующих каталогах Улугбека, Тихо Браге, Гевелия. Звёзд тоже было больше. Составители позднейших каталогов сравнивали найденные ими положения звёзд с приведёнными Флемстидом, выводя отсюда данные о прецессии и о собственных движениях звёзд.

Наблюдения Флемстида представляли большую ценность для Ньютона во время работы над «Математическими началами натуральной философии» и даже после издания книги. Поэтому Ньютон не раз обращался к нему с просьбой предоставить результаты тех или иных наблюдений. Флемстид же шёл на это неохотно: его отношения с Ньютоном и Галлеем были весьма скверными. Однако он вынужден был передавать Ньютону нужные тому наблюдения. И когда Ньютон, опираясь на них, разработал свою теорию движения Луны, объяснившую многие неравенства в её движении, описанные ещё в трудах Птолемея, Флемстид заметил по этому поводу: «Сэр Исаак разработал руду, которую я откопал». На это Ньютон возразил: «Если он откопал руду, то я смастерил из неё золотое кольцо».

Наблюдения Луны приобретали практическую значимость. В то время был разработан новый метод определения долгот — по положениям Луны среди звёзд. Луна перемещается по небу очень быстро, на 13° в сутки. Иначе говоря, за час она перемещается на свой диаметр. Капитан корабля по таблицам движения Луны, в которых указаны её положения относительно звёзд на определённые моменты гринвичского времени, может решить обратную задачу и по положению Луны узнать гринвичское время в момент наблюдения. Зная местное время из наблюдений звёзд, он без труда определит долготу своего корабля. Вот почему так нужна была точная теория движения Луны.



Джон Флемстид.

◂ Иоганн Кеплер разрешает спор Птолемея и Коперника, подгоняя хлыстом Землю по орбите вокруг Солнца. Гравюра XVIII в.



Луна во все времена притягивала к себе взоры наблюдателей.

* * *

После смерти Джона Флемстида Королевским астрономом стал друг Ньютона Эдмунд Галле́й (1656—1742). Вступив в 1720 г. на этот пост, он столкнулся с большими трудностями. Все приборы, составлявшие личную собственность Флемстида,



Кассини провёл ещё одно важное исследование. Он направил астронома Жана Рише в Кайенну (Северное побережье Южной Америки, 5° северной широты), чтобы он наблюдал Марс там, а Кассини — в Париже. Целью наблюдений было определение по разности координат Марса в Париже и Кайенне расстояния до планеты, а по нему уже — расстояния от Земли до Солнца. Эта задача была успешно решена: величину астрономической единицы определили с точностью до 8%.

ДЕКАРТ ИЛИ НЬЮТОН? МАНДАРИН ИЛИ ЛИМОН?

Теоретические взгляды Джованни Доменико Кассини сильно отставали от эпохи. Он не признавал учение Коперника и законы Кеплера, полагая, что планеты движутся вокруг Солнца не по эллипсам, а по особым овалам. Кассини был сторонником учения Декарта, согласно которому все небесные тела, включая Солнце и Землю, образовались из системы вихрей в межпланетном эфире. Теория Декарта длительное время соперничала с теорией всемирного тяготения Ньютона, хотя и не давала количественных результатов, как последняя. По своим следствиям они резко различались. Так, если, согласно теории Ньютона, Земля и планеты должны быть сплюснутыми у полюсов, то, по Декарту, они должны, наоборот, быть вытянутыми вдоль оси вращения.

Чтобы проверить эти выводы, Жан Пикар в 1668—1670 гг. провёл точные измерения длины дуги парижского меридиана (между Парижем и Амьеном), получив длину 1°, равную 111 км 210 м, что только на 3 м больше современного значения. В дальнейшем этим результатом воспользовался Ньютон для проверки теории всемирного тяготения.

Дж. Д. Кассини решил продолжить работу Пикара. С 1683 г. он начал измерения длины дуги в 1° в разных частях парижского меридиана — от северных берегов Франции до испанской границы на юге. Кассини полагал, что эти измерения подтвердят теорию Декарта. Но ему не удалось завершить грандиозное мероприятие. Со смертью Кольбера прервалось финансирование, и получить необходимые средства удалось только после смерти Дж. Д. Кассини его сыну Жаку. Его результаты были опубликованы в 1720 г.

* * *

Экспедиция Жана Рише в Южную Америку получила наряду с прочими ещё один важный результат: выяснилось, что период качания маятника в Кайенне больше, чем в Париже. Это означало, что ускорение свободного падения близ экватора меньше, чем в средних широтах. Дж. Д. Кассини приписал это действию центробежного ускорения, связанного с вращением Земли. Однако если бы он более тщательно рассчитал это ускорение, то понял бы, что одним центробежным ускорением объяснить наблюдаемое различие нельзя. Нужно было предположить, что Земля сплюснута у полюсов, а южная Кайенна дальше от её центра, чем Париж. Но Кассини не хотел допускать такую возможность и приписал расхождение неточности измерений Рише. Только через 65—70 лет в работах французских астрономов этот вопрос был окончательно решён — в пользу теории Ньютона.

* * *

В 1671 г. по приглашению Пикара в Парижской обсерватории начал работать молодой датчанин Оле Рёмер (1644—1710). Он провёл большую серию наблюдений спутников Юпитера, чтобы сравнить их положения с теорией, разработанной Кассини. И тут выявились систематические отклонения положений спутников Юпитера от вычисленных. Рёмер заметил, что величина запаздывания наблюдаемых моментов затмений спутников Юпитера напрямую связана с расстоянием этой планеты от Земли. Учёный понял, что свет распространяется не мгновенно, а с некоторой, правда очень большой, скоростью. Он вычислил её и получил 215 000 км/с — величину хотя и правильного порядка, но на 28% меньше истинной (299 800 км/с).

Причина расхождения кроме погрешности в наблюдениях ещё и в том, что Рёмер пользовался неточным значением диаметра земной орбиты. Пикар определил его в 276 млн километров вместо правильного значения — 299 млн километров.

Оле Рёмер изобрёл меридианный круг и пассажный инструмент — приборы, которые стали основными астрометрическими инструментами и применяются уже более трёх веков для определения небесных координат светил. Как протестант, он был вынужден в 1681 г. покинуть Францию. Вернувшись в Копенгаген, Рёмер стал Королевским астрономом и директором Копенгагенской обсерватории. С помощью сконструированных им приборов он составил каталог около 1000 звёзд, очень пригодившийся впоследствии для изучения собственных движений звёзд.

Умирая, Джованни Кассини передал в 1712 г. пост директора обсерватории своему сыну Жаку. Жак Кассини (1677—1756) отвергал Кеплеров



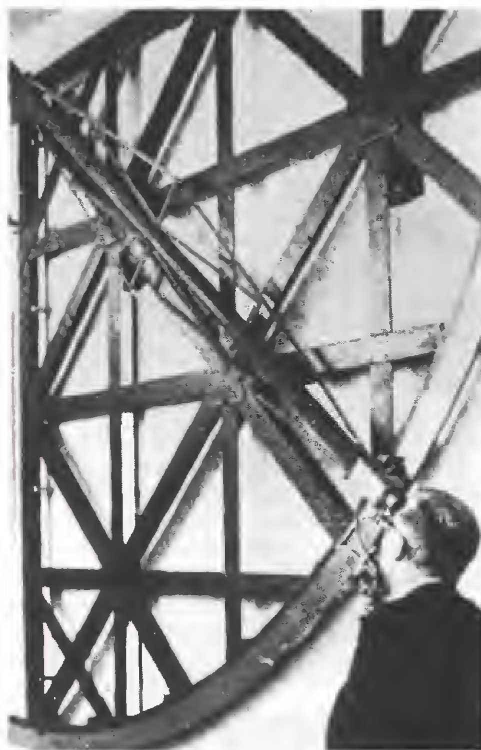
нить постоянную прецессии, он сравнил современные ему каталоги звёзд с античными, и прежде всего с каталогом Гиппарха. На фоне однородной картины закономерного смещения всех звёзд Галлей обнаружил удивительный факт: «Три звезды: ...или Глаз Тельца [Альдебаран], Сириус и Арктур прямо противоречили этому правилу». Так было открыто *собственное движение звёзд*. Оно получило окончательное признание в 70-е гг. XVIII в., после измерения немецким астрономом Тобиасом Майером и английским астрономом Невилом Маскела́йном собственных движений десятков звёзд.

Галлей был первым, кто привлёк внимание астрономов к совершенно загадочному тогда объекту — туманностям. В статье 1715 г. он уже утверждал, что это самосветящиеся космические объекты (а не уплотнения небесной тверди, отражающие солнечный свет, как допускали многие). Учёный также сделал и далеко идущее заключение, что таких объектов во Вселенной, «без сомнения», много больше и «они не могут не занимать огромных пространств, быть может, не менее, чем вся наша Солнечная система».

Первым Галлей высказал и идею, получившую в космологии наименование *фотометрического парадокса*: если пространство Вселенной содержит бесконечное количество звёзд, то ночное небо не может быть чёрным, а должно сплошь светиться подобно поверхности Солнца.

Научные заслуги Эдмунда Галлея были признаны ещё при жизни. С 1703 г. он возглавлял кафедру геометрии Оксфордского университета, с 1713 г. был учёным секретарём Лондонского королевского общества, с 1720 г. — Королевским астрономом, т. е. директором Гринвичской обсерватории (которую за свой счёт заново оборудовал инструментами). Галлей был избран иностранным членом Парижской академии наук.

Скончался Эдмунд Галлей в Гринвиче 14 января 1742 г. Имя его увековечено в названиях знаменитой кометы и кратеров на Луне и — в наши дни — на Марсе.



Квадрант Э. Галлея, оснащённый оптическим визиром.

забрала его вдова, и оснащать обсерваторию нужно было заново. Галлею удалось получить от короля Георга I средства на приобретение новых инструментов. Одним из них был 8-футовый (свыше 2 м) квадрант. С помощью этого прибора он вёл позиционные наблюдения Луны на протяжении целого сароса (18-летнего цикла). Галлей использовал свои наблюдения Луны для уточнения её орбиты. Он открыл новое неравенство в её движении — так называемое *вековое ускорение*, состоящее в том, что движение Луны постепенно, хотя и очень медленно, ускоряется — на 10° дуги за столетие. Эту величину Галлей получил, сравнивая свои наблюдения с наблюдениями лунных затмений древних. Только через 90 лет Пьер Симон Лаплас сумел объяснить это явление изменением эксцентриситета лунной орбиты.

Третьим Королевским астрономом в 1742 г. стал Джеймс Бра́длей (1693—1762). Вначале он принял духовный сан, но потом отказался от церковной карьеры и занялся наукой.

Джеймс Брадлей.





в 1830 г. на должность директора Франсуа Араго́ (1786—1853), замечательного физика и астронома, организатора научных исследований в области оптики и астрономии.

С 40-х годов XVIII в. идеи Ньютона обрели во Франции вторую родину. Именно здесь возникла и развилась блестящая школа небесных механиков — Д'Аламбер, Лагранж, Клеро, Лаплас.

ГРИНВИЧСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ И НАЧАЛО МЕРИДИАННОЙ АСТРОМЕТРИИ

Английский король Карл II Стюарт, узнав об открытии Парижской обсерватории, решил не отставать от своего французского собрата Людовика XIV и в июне 1675 г. издал указ, адресованный генеральному казначею Артиллерийского управления сэру Томасу Чичели: «В целях нахождения долготы мест, для усовершенствования навигации и астрономии, Мы решили построить обсерваторию в пределах Нашего парка в Гринвиче, на высоком месте близ Нашего замка, с жилым домом для Нашего астронома-наблюдателя и его ассистента». Далее архитектору и астроному Кристоферу Рену, который построил собор Святого Павла в Лондоне, предписывалось составить план и проект обсерватории, построить и закончить строительство «со всей нужной скоростью», погасив расходы на него из сумм, вырученных от продажи старого, испорченного пороха (!).

Указ был издан 22 июня 1675 г., а уже 10 августа был заложен первый камень будущей обсерватории. Меньше чем за год она была построена.

Первым директором Гринвичской обсерватории (носящим титул Королевского астронома) был утверждён Джон Фле́мстид (1646—1719). Специальный королевский указ предписывал ему «заняться с величайшим старанием и прилежанием исправлением таблиц движений на небесах и положений неподвижных звёзд для усовершенствования искусства кораблевождения». Средств на приобретение инструментов Флемстиду выдано не было, и ему пришлось заказывать и покупать их на свои деньги. Если бы не наследство, полученное от отца, вряд ли Флемстид смог бы оснастить обсерваторию первоклассными инструментами.

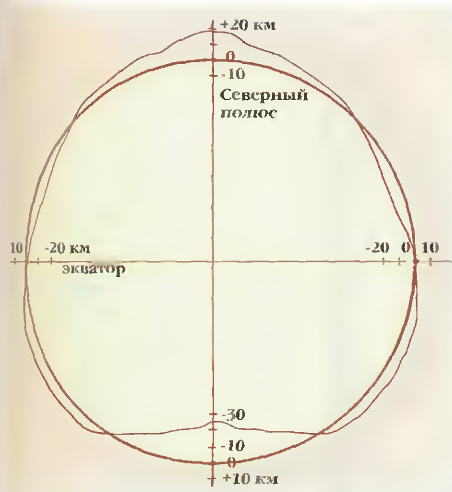
К счастью, у Джона Флемстида нашёлся богатый друг и покровитель — сэр Джонас Мур, который на свои средства заказал 7-футовый (свыше 2 м) секстант с телескопическим визиром. Несколько приборов меньшего размера передал обсерватории знаменитый учёный Роберт Гук. В секстанте Флемстида был впервые использован нитяной микрометр, изобретённый в 1644 г. англичанином Уильямом Гаскойном. Это значительно повысило точность измерений.

Флемстид был очень старательным и усидчивым наблюдателем. В течение 15 лет астроном произвёл на своём секстанте один, без помощников, 20 тыс. наблюдений положений Солнца, Луны, планет и звёзд. По результатам этих наблюдений он составил каталог положений около 3 тыс. звёзд. Учёный придавал большое значение тщательности обработки наблюдений и не торопился с публикацией каталога. Он был закончен Флемстидом незадолго до смерти и вышел уже после его кончины.



Гринвичская обсерватория.





Геоид. Отклонение от сферы, диаметр которой равен экваториальному диаметру Земли.

Когда вернулась лапландская экспедиция, её руководитель Мопертюи, обработав материалы, получил значение полярного сжатия, равное 1/178, т. е. больше, чем у Ньютона. Однако Клеро сразу понял, что если считать недра Земли более плотными, то сжатие должно быть меньше, а не больше, чем в модели Ньютона, и заведомо меньше, чем значение, полученное Мопертюи. (Современное значение сжатия Земли 1/298,25.)

Клеро решил построить теорию строения Земли, полагая её неоднородной. Задача оказалась не из лёгких. Она, как и большинство задач небесной механики, не имела точного решения. Приходилось принимать те или иные упрощающие предположения, разлагать входящие в формулы выражения на медленно сходящиеся ряды. Наконец, Клеро получил решение и представил свою теорию в книге «Теория фигуры Земли», вышедшей в Париже в 1743 г.

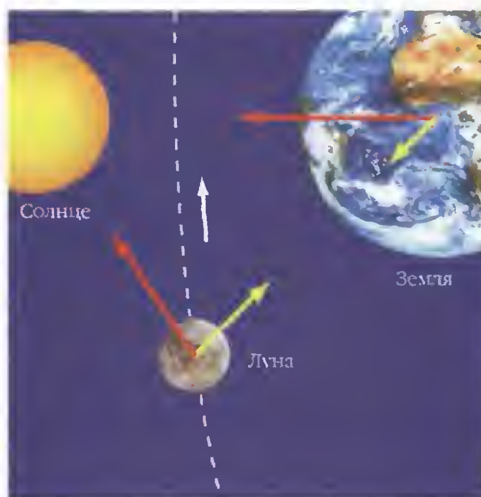
«Книга Клеро есть произведение несравненное как в отношении глубоких и трудных вопросов, которые в ней рассматриваются, так и в отношении того удобного и лёгкого способа, посредством которого ему удаётся совершенно ясно и отчётливо изложить предметы самые возвышенные» — таким было суждение Леонарда Эйлера, очень строгого судьи. И сегодня эта книга считается классической.

Однако решение Клеро было только началом. Задачу о фигуре вращающейся планеты пытались осилить после него Пьер Симон Лаплас, Жюль Анри Пуанкаре и другие теоретики. Наилучший вариант предложил уже в начале XX столетия русский учёный Александр Михайлович Ляпунов (1857—1918). Решение задачи он представил в виде цепочки связанных между собой интегро-дифференциальных уравнений. Но первым в ней стояло уравнение Клеро.

ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛУНЫ

Одной из труднейших задач небесной механики была теория движения Луны. Изучая движения планет, учёным приходится рассматривать возмущения, которые создаёт воздействие других планет, сравнительно слабое по сравнению с притяжением центрального тела — Солнца. В случае же Луны оно как раз и выступает в роли главного «возмутителя» движения спутника Земли. Возмущения от него весьма велики и всё время меняют свою величину и направление в зависимости от взаимного расположения Земли, Луны и Солнца.

Первые усилия для создания теории движения Луны предпринял Ньютон. Ему удалось на основе закона всемирного тяготения объяснить основные неравенства (периодические



Движение Луны под действием притяжения Земли и Солнца.



ЭДМУНД ГАЛЛЕЙ

Биография английского астронома и геофизика Эдмунда Галлея, прожившего 85 лет, но так и «не успевшего состариться», стала ярким отображением его бурного времени — натиска разума и науки. С энтузиазмом и энергией 16-летний школьник Галлей строит свои первые солнечные часы. С таким же энтузиазмом 63-летний прославленный учёный, занявший высокий пост Королевского астронома, принимается за трудоёмкий цикл лунных наблюдений — а их надо вести в течение 18 лет (время, за которое точки пересечения земной и лунной орбит описывают полный круг на небе). И несмотря ни на что, он доводит их до успешного завершения: ведь Англии — великой морской державе — нужны более точные лунные таблицы для определения долгот на море.

Эдмунд Галлей родился 29 октября 1656 г. в небольшой деревушке Хаггерстон (ныне окраина Лондона) в семье зажиточного мыловара.

Ещё в 1676 г., будучи студентом третьего курса Оксфордского университета, Галлей опубликовал свою первую научную работу — об орбитах планет и открыл *большое неравенство* Юпитера и Сатурна (скорость всё время возрастает у одной планеты — Юпитера — и уменьшается у другой). Это открытие впервые поставило перед астрономами важнейший для человечества вопрос об устойчивости, долговечности Солнечной системы. В 1693 г. Галлей обнаружил вековое ускорение Луны, что могло свидетельствовать о её непрерывном приближении к Земле...



Эдмунд Галлей.

В 70-е гг. XVII в. Галлея увлекла новая задача: дополнить известные каталоги звёздами южного, частью не видного в Европе полушария неба. В 1676 г. он оставил университет и, добившись разрешения Лондонского королевского общества и самого короля, отправился в свою первую далёкую научную экспедицию — на остров Святой Елены в Южной Атлантике. В итоге в 1679 г. Галлей опубликовал первый каталог 341 южной звезды, впервые применив телескоп для определения звёздных координат. Наградой 22-летнему исследователю были учёная степень Оксфордского университета и избрание в члены Лондонского королевского общества.

В 1677 г. Галлей предложил новый метод определения расстояния до Солнца, т. е. астрономической единицы. Для этого необходимо было наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца из двух мест, удалённых по широте. Способ Галлея позволил к концу XIX в. в 25 раз снизить ошибку при определении солнечного параллакса.

Возвратившись в Англию, Галлей занялся исследованием силы, которая управляет движением планет. В 1684 г. он самостоятельно вывел, что она обратно пропорциональна квадрату расстояния до планеты. Однако решить задачу, каковы будут формы орбит, определяемых действием такой силы, Галлей, как и другие физики, не мог. Между тем проблема почти за два десятка лет до него была решена Исааком Ньютоном, который, однако, свои результаты публиковать не собирался. Узнав об этом, Галлей убедил Ньютона возобновить исследования и взял расходы по их публикации на себя. Так увидели свет знаменитые «Математические начала натуральной философии» (1687 г.). Галлей написал на латыни восторженное посвящение их великому автору.

С именем Эдмунда Галлея связан и коренной перелом в представлениях о кометах. В Новое время до Ньютона все считали их чужеродными странниками, лишь пролетающими сквозь Солнечную систему по незамкнутым параболическим орбитам. После того как в 1680 и 1682 гг. появились две яркие кометы, Галлей рассчитал и опубликовал в 1705 г. орбиты 24 комет и обратил внимание на сходство параметров орбит у нескольких из них, наблюдавшихся в XVI — XVII вв., с параметрами кометы 1682 г. Промежутки времени между появлениями этих комет оказались кратными 75—76 годам. В 1716 г. он опубликовал подробные расчёты и предсказал, что следующее появление этой кометы должно произойти в конце 1758 или в начале 1759 г. Возвращение кометы 1682 г. в предсказанный срок стало первым триумфальным подтверждением теории тяготения Ньютона и прославило имя самого Галлея.

В статье 1714 г. Галлей сделал весьма смелый вывод, что болиды, до того считавшиеся воспламенёнными земными испарениями, — скорее результаты встречи Земли со случайными сгустками космической межпланетной материи. Эта идея вдохновила более поздних исследователей и среди них — немецкого астрофизика Эрнста Хладни, родоначальника научной космической теории метеоритов и болидов (1794 г.).

В 1718 г. Галлей впервые показал условность традиционного названия «неподвижные звёзды». Чтобы уточ-



емых машинных теорий. Однако без трудов классиков небесной механики учёным никогда не удалось бы этого сделать.

* * *

Накопленные знания Лаплас подытожил в пятитомном труде под названием «Трактат о небесной механике», выходившем с большими перерывами в 1798—1825 гг. Сам термин «небесная механика» введён Лапласом. Ученики и последователи великого учёного сравнивали этот труд со стройным зданием, полагая, что оно почти не потребует переделки.

Эти предположения не подтвердились. Хотя здание действительно было грандиозное, но оно потребовало многочисленных переделок и не раз достраивалось учёными последующих поколений. Увеличивалась точность наблюдений, требовалось уточнить и теорию. Возникали новые задачи (например, о движении искусственных спутников Земли и планет). Однако громадная заслуга Пьера Симона Лапласа и его предшественников именно в том и состоит, что они построили это здание.

СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Размышляя об устройстве Вселенной, космологи XVIII в. сначала следовали Рене Декарту, а затем Исааку Ньютону.

В 20-х гг. XVIII в. Эмануэль Сведенборг (1688—1772), шведский философ и физик, следуя Декарту, предложил гипотезу, согласно которой все структуры в природе образуются по одним и тем же принципам. Атомы и звёзды, например, образуются благодаря присущему материи вихревому движению. Атом, по мнению Сведенборга, — сложная система частиц, похожая на Солнечную систему. Он первым высказал мысль, что Млечный Путь — это реальная плоская система звёзд. Сведенборг, правда, не признавал тяготение Ньютона и считал, что звёзды удерживаются магнитными силами. Его гипотеза о природе Млечного Пути была ошибочной, но она оказалась первой динамической моделью этой звёздной системы.

* * *

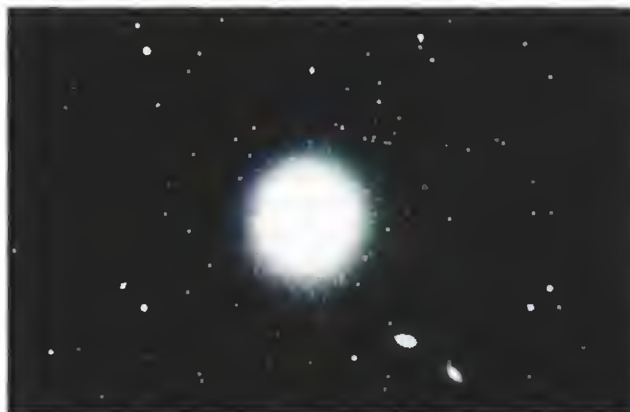
Иммануил Кант (1724—1804), величайший философ Нового времени, которого можно было бы назвать Коперником философии, начал свой путь в науке как астроном-теоретик, ньютонианец. Он первым поставил задачу мысленно проследить все возможные проявления всемирного тяготения во Вселенной, продумать и объяснить с этой точки зрения всё, что наблюдают астрономы, и понять, как устроена и развивается Вселенная. Так родились космогония и космология Нового времени.

В ранней работе «Претерпела ли Земля в своём вращении вокруг оси... некоторые изменения со времени своего существования» (1754 г.) Кант обращает внимание на то, что лунно-солнечные приливы в океане должны систематически тормозить вращение Земли, а это значит, что во Вселенной, по Канту, существуют необратимые процессы, она становится иной, имеет свою историю. Он вернул в науку взгляд античных философов на Вселенную как на развивающуюся структуру.

Главный астрономический труд Канта «Всеобщая естественная история и теория неба» (1755 г.) в наши дни читается легко и с интересом, но в XVIII в. астрономам-наблюдателям и



Иммануил Кант.



Далёкие галактики.

В 1721 г. он был утверждён профессором астрономии Оксфордского университета. Брадлей начал вести астрономические наблюдения сперва на частной обсерватории своего дяди в Ванстэде. После его смерти в 1724 г. обсерватория перешла в собственность Брадлея.

В 1727 г. учёный предпринял попытку измерить параллактическое смещение звезды вследствие годичного обращения Земли вокруг Солнца. Наблюдая в течение года близ зенита звезду γ Дракона, он обнаружил её заметное годичное смещение, но в сторону, противоположную ожидаемой. Через два года Брадлей понял, что открытая им *аберрация* (от *лат.* aberrare — «заблуждаться») *света* связана с орбитальным движением Земли и является следствием конечности скорости света. Это и стало первым наблюдательным подтверждением теории Коперника.



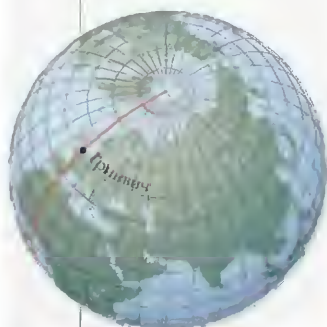
▸ Под воздействием сил притяжения Солнца и Луны на Землю её ось вращения медленно описывает конус в пространстве, т. е. прецессирует. Вследствие изменения положения плоскости лунной орбиты действие Луны на Землю постоянно изменяется, что вызывает небольшие колебания земной оси вращения. Это явление носит название нутации.



Созвездие Дракона на звёздной карте.

Брадлею удалось на деньги правительства заново оснастить обсерваторию. С помощью новых приборов он открыл *нутацию* (от *лат.* nutacio — «качание», «колебание») земной оси. Оказалось, что ось Земли помимо прецессионного движения по конусу с периодом 26 тыс. лет испытывает небольшие попутные покачивания с периодом 18,6 лет (синхронно с поворотом лунной орбиты). Брадлей понял, что причиной нутации является Луна, её возмущающее действие на Землю.

Учёный также проводил систематические наблюдения звёзд и составил новый каталог 3268 звёзд. Их положения были определены Брадлеем с гораздо большей точностью, чем до него Флемстидом. На составление этого каталога ушло 12 лет напряжённого труда.



Гринвичский (нулевой) меридиан.

Королевский астроном Невил Маскелайн (1732—1811) продолжил работы Брадлея по оснащению обсерватории новыми, более точными инструментами и довёл точность измерений до десятых долей секунды дуги. Он произвёл 90 тыс. наблюдений положений светил. Маскелайн наблюдал прохождение Венеры перед диском Солнца в 1761 г., чтобы уточнить значение солнечного параллакса, продолжал разрабатывать метод определения долгот по положению Луны. В 1766 г. он основал английский морской астрономический ежегодник — «Морской альманах» (Nautikal Almanac), издающийся и поныне.

В 1884 г. Гринвичский меридиан, проходящий через ось пассажного инструмента Гринвичской обсерватории, был официально признан начальным меридианом, от которого ведётся счёт долгот на Земле.

В 1953 г. основные инструменты обсерватории были перенесены в Хёрстмонсо, подальше от Лондона,



колец часть его остаётся в межпланетном пространстве. Это вещество отражает солнечное излучение и создаёт явления зодиакального света. Кант допускал существование планет за орбитой Сатурна и протяжённого облака комет, которое окружает Солнечную систему.

Сочинение Канта не привлекло внимания астрономов и осталось неизвестным и Лапласу, который в своём «Изложении системы мира» независимо от Канта повторил некоторые его идеи, правда используя наблюдения Гершеля и свои расчёты движения планет.

В зрелом возрасте Кант не возвращался к астрономии, но постоянно имел её в виду, создавая свою философскую систему. В философии, по словам выдающегося русского мыслителя Владимира Сергеевича Соловьёва, «Кант открыл зависимость мира явлений от человеческого ума и безусловную независимость нашего нравственного мира».

* * *

Во второй половине XVIII столетия в Германии работал физик и астроном Иоганн Генрих Ламберт (1728—1777). Он заложил основы фотометрии; доказал, что яркость поверхности, идеально рассеивающей свет, не зависит от направления; определил ослабление света в земной атмосфере, сравнив блеск Солнца и звёзд; оценил расстояние до Сириуса в 8 световых лет (современное значение 8,7 светового года); рассчитал орбиты некоторых комет. Свои представления о строении Вселенной Ламберт изложил в «Космологических письмах об устройстве Мироздания» (1761 г.). Вселенная у него, как и у Канта, имеет иерархическое строение: планеты со спутниками, звёзды с планетами, Млечный Путь как звёздная система. Системы, подобные Млечному Пути, из-за удалённости видны как туманности. В Млечном Пути Ламберт выделил звёздные сгущения (прообраз звёздных скоплений). У каждой системы есть центр тяготения и вращения. Он полагал, что Млечный Путь неустойчив и должен изменяться.

Ламберт предсказал существование *двойных* и *кратных звёзд* (и ввёл эти понятия). Он обратил внимание на то, что по возмущениям в движении небесного тела можно обнаружить другое массивное невидимое тело. Такие тела могли находиться в центрах тяготения систем или даже всей иерархической Вселенной.

* * *

Открытия астрономов XVIII в. заставили расстаться с представлениями о вечной и неизменной Вселенной. К началу XIX в. возродились представления античных философов об эволюционирующей Вселенной, но теперь уже существовал математический аппарат для описания этой эволюции — динамические законы Ньютона и закон всемирного тяготения.



Шаровые звёздные скопления в Большом Магеллановом Облаке — спутнике нашей Галактики.

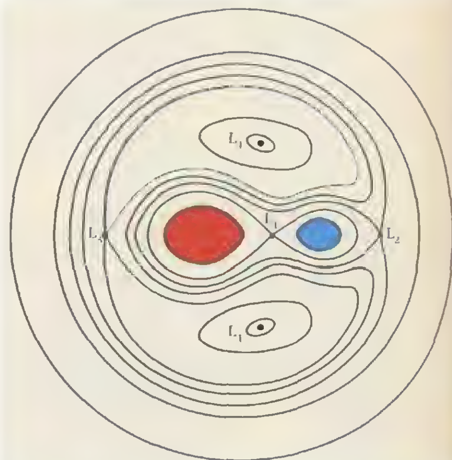
ПЬЕР СИМОН ЛАПЛАС

За блестящий интеллект и выдающиеся достижения сразу в нескольких науках — астрономии, математике, физике — Лапла́са называли «французский Ньютон». Во времена Великой французской революции он считался «врагом народа» и едва избежал казни, а после Реставрации получил титул маркиза и пэра Франции. Его жизнь была яркой, и всего в ней он добился собственными силами.

Родился Пьер Симо́н Лаплас 23 марта 1749 г. в семье небога́того фермера в местечке Бомо́н-ан-О́ж в Нижней Нормандии.

О детстве и юности Лапласа известно мало. Он не любил рассказывать о провинциальных родственниках и бедности родительского дома. Помещик, у которого его отец арендовал землю, покровительствовал смышлёному мальчику и дал





Линии равного потенциала, образованные силами притяжения и центробежной силой в плоскости орбиты двойной звезды. На частицу, находящуюся в поле тяготения двойной, действует равнодействующая этих трёх сил. В точках L1, L2, L3, L4, обнаруженных в 1772 г. Ж. Л. Лагранжем, равнодействующая обращается в нуль. Они называются точками Лагранжа.

Это был прежде всего его «Трактат о динамике» (1743 г.), в котором сформулированы общие правила составления дифференциальных уравнений, описывающих движение материальных тел и их систем. В 1747 г. он представил в Академию наук мемуары об отклонениях планет от эллиптического движения вокруг Солнца под действием их взаимного притяжения.

* * *



Жозеф Луи Лагранж.

Жозеф Луи Лагра́нж (1735—1813) родился в Турине, столице Сардинского королевства, в итало-французской семье. Он учился, а затем преподавал в Артиллерийском училище, в 18 лет уже став профессором. В 1759 г. по рекомендации Эйлера 23-летнего Лагранжа избирают в члены Берлинской академии наук. В 1766 г. он уже стал её президентом. Фридрих II приглашал Лагранжа в Берлин так: «Необходимо, чтобы величайший геометр Европы проживал вблизи величайшего из королей». (В те времена геометрами называли не только специалистов по геометрии, но и представителей всех точных наук: математики, механики, астрономии.)

После смерти Фридриха II в 1786 г. Лагранж переехал в Париж. С 1772 г. он был членом Парижской академии наук, в 1795 г. его назначили членом Бюро долгот, и он принял активное участие в создании метрической системы мер.

Круг научных исследований Лагранжа был необычайно широк. Они посвящены механике, геометрии, математическому анализу, алгебре, теории чисел, а также теоретической астрономии. Основным направлением исследований Лагранжа было представление самых различных явлений в механике с единой точки зрения. Он вывел уравнение, описывающее поведение любых систем под действием сил.

В области астрономии Лагранж много сделал для решения проблемы устойчивости Солнечной системы; доказал некоторые частные случаи устойчивого движения, в частности для малых тел, находящихся в так называемых треугольных точках либрации. Эти тела — астероиды-«трояны» (см. статью «Астероиды») — были обнаружены уже в XX в., спустя столетие после смерти Лагранжа.

При решении конкретных задач небесной механики пути этих учёных неоднократно пересекались; они вольно или невольно соперничали друг с другом, приходя то к близким, то к совершенно различным результатам.

ФОРМА ЗЕМЛИ

Спор о форме Земли был тогда в центре внимания научного сообщества. Чтобы решить эту проблему, Парижская академия наук отправила две экспедиции: в Перу и Лапландию. Но помимо геодезических измерений учёные подошли к этой задаче с теоретических позиций.

В самом деле, какую форму должна иметь Земля, если рассматривать её как медленно вращающийся сфероид? В те времена Землю считали изнутри огненно-жидкой, опираясь на наблюдения извержений вулканов, при которых из земных недр выбрасывается жидкая магма. Ньютон получил решение, согласно которому сжатие жидкой Земли у полюсов должно составлять 1/230. Иначе говоря, полярный радиус должен быть на 1/230 меньше экваториального. Эйлер нашёл сжатие Земли равным 1/234.



Отвернувшись от французских академиков, обиженный Лаплас вступил в переписку с Лагранжем, президентом Берлинской королевской академии наук. С тех пор их научные судьбы тесно переплелись, так как оба учёных работали в одной области.

* * *

Наконец, в 1773 г., Лаплас был избран в Парижскую академию наук как адъюнкт-механик. В том же году была опубликована его фундаментальная работа «О принципе всемирного тяготения и о вековых неравенствах планет, которые от него зависят». (Вековым неравенством называют неуклонное, монотонное изменение периода обращения планеты вокруг Солнца. По законам Кеплера, он должен быть постоянным.) Но ещё Галлей, сравнивая свои наблюдения с данными астрономов предшествующих эпох, обнаружил, что в его эпоху Сатурн обращался вокруг Солнца медленнее, чем в древности, а Юпитер, наоборот, быстрее. Это ускорение планеты означало, что уменьшилась большая полуось орбиты планеты. Если бы ускорение Юпитера продолжалось бесконечно, то он упал бы на Солнце. Сатурн же удалился бы от Солнца навсегда. Чтобы объяснить неравенства Юпитера и Сатурна, учитывая при этом взаимное тяготение этих планет, Эйлер, а затем Клеро и Лагранж предложили свои теории возмущений планетных орбит.

Лаплас, усовершенствовав теорию Лагранжа, показал, что неравенства планет должны быть периодическими. Например, замедление Сатурна должно со временем смениться ускорением, а наблюдаемое ускорение Юпитера сменится замедлением. По его словам, «взаимное действие планет не вызывает векового ускорения в их средних движениях». Это означало, что Солнечная система, по-видимому, устойчива. Объясняя устойчивость работы «часового механизма» природы, Лаплас уже не предусматривал вмешательство Творца, к чему прибегал в своё время Ньютон. А в науке возник новый обязательный принцип: «Не должно вводить Бога в научную теорию, даже если ты веруешь в него». Так поступали все верующие учёные: Лаплас, Ломоносов, Дарвин, Эддингтон, Хаббл.

Последующие работы Лагранжа и самого Лапласа подтвердили их расчёты. Оказалось, что период изменения элементов орбиты одной планеты из-за возмущающего действия другой тем больше, чем ближе отношение начальных периодов обращения этих планет к рациональному числу (соизмеримые периоды). Если это отношение равно рациональному числу, то возмущения со временем должны непрерывно расти, и одна из планет либо упадёт на Солнце, либо будет выброшена из Солнечной системы. Таких случаев для больших планет в ней не наблюдалось. Зато периоды всех планет почти соизмеримы с периодом обращения



Астрономия. Гравюра. XVIII в.

отклонения) движения Луны, открытые ещё в древности и подтверждённые такими наблюдателями, как Тихо Браге. «Большое эллиптическое неравенство» объяснялось эллиптичностью лунной орбиты, *эвекция* (от *лат.* evehere — «поднимать») — тем, что в новолуние Луна оказывается ближе к Солнцу, чем Земля, а в полнолуние — дальше. *Вариация* происходит из-за изменения скорости движения Луны на орбите опять-таки под действием притяжения Солнца. *Годичное уравнение* связано с эллиптичностью земной орбиты, а значит с периодическим изменением расстояния Земли и Луны от Солнца в течение года.

Но не всё было так просто. Когда Ньютон попытался рассчитать поворот линии апсид лунной орбиты (её большой оси, соединяющей перигей и апогей), он получил время полного обращения, равное 18 годам, хотя на самом деле это время равно 9. Так показывали наблюдения со времён Гиппарха.

Клеро попробовал решить эту задачу и... получил то же значение времени полного оборота линии апсид, что и Ньютон: 18 лет. В решение задачи включился Д'Аламбер. Действуя независимо от Клеро, он получил, увы, то же самое. Приступил к этой проблеме Эйлер и тоже не смог объяснить наблюдаемый период. Это было в 1747—1749 гг. А может быть, закон Ньютона неточен и в его формулу надо внести дополнительный член?

Тогда Петербургская Академия наук объявила конкурс под таким названием: «Показать, согласны ли все неравенства, которые наблюдаются в движении Луны, с ньютоновской теорией и какой должна быть истинная теория всех этих неравенств, чтобы по ней можно было со всей точностью определять место Луны на любое время». Надо думать, что тему и формулировку её предложил Эйлер.

И Клеро заново взялся за решение задачи. Он понял, что полученное им и Д'Аламбером значение годичного поворота линии апсид — это только первый член ряда, выражающего эту величину. Клеро нашёл второй член:



Карта Луны, выполненная Дж. Д. Кассини.



расхождение теории с наблюдениями уменьшилось в несколько раз. Он прибавил третий, четвёртый члены (расхождение стало совсем незначительным), понял, что задача решена, и написал соответствующий мемуар. Премия Петербургской Академии наук была присуждена ему. Это произошло в 1751 г. На следующий год его мемуар был издан в Петербурге, а затем его переиздали в Париже.

Этот пример наглядно показал, что для хорошего согласия теории с наблюдениями нужно вычислить много членов рядов, выражающих те или иные величины. В теории Клеро было 20 членов каждого ряда. В современных теориях их число измеряется уже тысячами. Зато точность их намного превосходит точность теории Клеро.

Созданием теории движения Луны занимались и другие учёные того времени. Леонард Эйлер создал в 1753—1772 гг. целых три теории движения Луны. Почему же три? Дело в том, что Эйлер всё время искал новые пути для решения сложных задач небесной механики. Ему принадлежат методы, верно служившие астрономам и в дальнейшем, спустя и 100, и 200 лет. Теорию движения Луны развивал и Лаплас, его ученики и последователи.

В настоящее время астрономы используют для построения формул, отражающих движение Луны, ЭВМ. Это привело к созданию так называ-



ное собрание объявило Францию республикой.

Лаплас стоял в стороне от революционных событий. Некоторое время он принимал участие в работе Комиссии по установлению новой системы мер и весов, созданной в 1790 г. под председательством Лагранжа. Когда власть перешла к якобинцам, Лаплас был выведен из Комиссии за «недостаток республиканских добродетелей и ненависти к королям». Начались массовые казни. Якобинцы казнили даже знаменитого химика Лавуазье и астронома Байи. Королевская академия наук была упразднена. В мае 1793 г. Лаплас с семьёй бежал в городок Мелен недалеко от Парижа.

Там Пьер Симон написал замечательную и вполне общедоступную книгу «Изложение системы мира». Есть её русский перевод. В ней он собрал все основные астрономические знания XVIII столетия, не используя ни одной формулы. Лаплас подробно рассказал о календаре, затмениях, кометах, о движении планет и их спутников, о вращении Земли и её форме, о законе тяготения, о кольцах Сатурна, о движении Луны и приливах. Книгу завершают главы об истории астрономии и системе мира и примечания. В седьмом примечании Лаплас представил свою гипотезу происхождения Солнечной системы, которая вскоре стала знаменитой. Сам же он, как и Ньютон, остерегался гипотез и опубликовал свою «с осторожностью, подобающей всему, что не представляет результата наблюдений и вычислений».

Гипотеза Лапласа была результатом осмысления астрономических наблюдений и расчётов движений тел под действием ньютоновской силы тяготения. Он знал и о светящихся туманностях, открытых Гершелем. Лаплас предположил, что Солнечная система рождена из горячей газовой туманности, окружавшей молодое Солнце. Постепенно туманность остыла и под действием тяготения начала сжиматься. С уменьшением её размеров она вращалась всё быстрее. Из-за быстрого вращения центробежные силы стали сравнимыми с силой тяготения, и туманность сплющилась, превратилась в околосолнечный диск, который начал разбиваться на кольца. Чем ближе к Солнцу было кольцо, тем быстрее оно вращалось. Вещество каждого кольца постепенно остыло. Так как вещество в кольце не было распределено однородно, отдельные его сгустки благодаря тяготению начали сжиматься и собираться вместе. В конце концов кольцо из сгустков превратилось в протопланету. Каждая протопланета вращалась вокруг оси, и в результате этого могли образоваться её спутники.

Гипотеза Лапласа просуществовала более ста лет. Его ученики пытались представить её в виде математической модели. В рамках этой гипотезы не удалось объяснить, почему 98% момента количества движения Солнечной системы приходится на орбитальное движение планет, хотя их суммарная масса в 750 раз меньше массы Солнца. Кроме того, развитие газодинамики показало, что вращающееся кольцо не может сгуститься в планету. Однако физические эффекты «остывания» и «гравитационного сжатия», которыми пользовался Лаплас, являются главными и в современных моделях образования Солнечной системы.

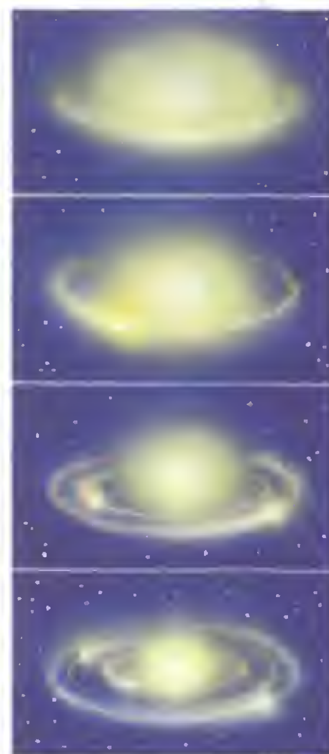
В своей книге Лаплас, обсуждая свойства тяготения, приходит к выводу о том, что во Вселенной, возможно, есть настолько массивные тела, что свет не может их покинуть. Такие тела сейчас называют чёрными дырами.

«Изложение системы мира» вышло в свет в 1796 г.

* * *

В 1794 г., когда террор якобинцев был остановлен, Лаплас вернулся в Париж и принял участие в организации Нормальной школы (высшего учебного заведения) и Бюро долгот, которое должно было публиковать координаты Солнца, Луны и планет.

В 1790 г. была учреждена Палата мер и весов. Президентом стал Лаплас. Здесь под его руководством создана современная метрическая система всех физических величин.


Образование Солнечной системы по П. С. Лапласу.



небесным механикам он показался слишком умозрительным и не был принят. Однако в дальнейшем история познания Вселенной и способы осмысления научных открытий пошли по пути, проложенному Кантом.

Вселенная, по Канту, бесконечна. Она имеет иерархическую структуру: планеты и кометы составляют Солнечную систему; Солнце и звёзды входят в Млечный Путь; другие звёздные миры и Млечный Путь образуют ещё более крупную систему.

Кант отметил, что со стороны кольцо Млечного Пути будет выглядеть как диск, а овальные и круглые туманности (вроде туманности Андромеды) он классифицировал как далёкие млечные пути (мы бы сказали, галактики). Он указал на дискообразность галактик как на результат их вращения и действия в них тяготения и провёл глубокую аналогию между Солнечной системой и системой Млечного Пути, одинаково управляемых тяготением. Его вывод звучал поразительно современно: подобно тому, как Солнечная система заключает в себе планетный диск и клубок кометных орбит, так и система звёзд (галактика) имеет два типа «населения» — звёзды диска, слитые в молочную полосу, и яркие звёзды сферической составляющей, рассеянные по всему небу.

Великий мыслитель высказал парадоксальную идею о том, что многие земные структуры устроены гораздо сложнее, чем небесные тела и Вселенная, а следовательно, более трудны для познания. Легче изучить Солнце, чем гусеницу. «Я не говорю: „Дайте мне материю, и я создам гусеницу“; я говорю: „Дайте мне материю, и я построю Вселенную“, потому что это более простая и современная задача», — писал Кант. Пришла пора изучать природу и историю неба.

Кант полагал, что в начальном состоянии Вселенная была заполнена разреженной материей. Между частицами материи действуют силы ньютоновского тяготения, приводящие их в вихревое движение. В вихрях частицы отталкиваются силами химической природы. Материя сотворена Богом, и она должна быть структурно «так богата, так совершенна, что развитие всей её сложности может разворачиваться по плану, который заключает в себе всё, что только может быть, и который бесконечен и недоступен никакому измерению».

Формирование звёздных и планетных систем Вселенной началось, когда благодаря химическим силам создались начальные уплотнения в первичной материи. Дальше Кант рассматривал возникновение и развитие различных систем небесных тел только на примере Солнечной системы.

Постепенно под действием тяготения масса центрального сгустка растёт. Сгусток становится зародышем Солнечной системы. Вращающаяся туманность постепенно уплотняется и разбивается на центральную часть — будущее Солнце — и на кольца — будущие планеты. Молодое Солнце сжимается тяготением и превращается в источник энергии. Оно может затухать и вновь вспыхивать. Кольца состоят из холодных тел типа метеоритов. Эволюция каждого кольца определяется взаимным тяготением камней, тяготением Солнца и действием солнечного излучения.

Гипотеза в те времена ещё не имела наблюдательной основы и потому представляется удивительным прозрением Канта. Он полагал, что после образования планет из вещества

МЫСЛЯЩИЙ ТРОСТНИК

В сравнении с окружающим его миром человек не более как слабый тростник; но он тростник, одарённый разумом, мыслящий. Чтобы его уничтожить, вовсе не надо всей Вселенной: достаточно какого-нибудь пустяка. Но пусть даже Вселенная его уничтожит, человек всё равно возвышеннее, чем она, потому что он сознаёт, что умирает и что слабее Вселенной, а она ничего не сознаёт.

Итак, наше достоинство — не в овладении пространством, а в умении разумно мыслить. С помощью пространства и времени Вселенная охватывает и поглощает меня, а вот с помощью мысли я охватываю Вселенную. Постараемся же мыслить достойно: в этом основа нравственности.

(По книге Блеза Паскаля «Мысли». 1669 г.)



УИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ

*Перед нами лежит обширное поле для открытий,
и наблюдение одно только даёт ключ к ним.*

Иммануил Кант

Ге́ршель был пионером во всём, что он делал. Как конструктор первых больших телескопов-рефлекторов и наблюдатель он оставил далеко позади своих современников. Ещё большее воздействие на историю астрономии он оказал как глубокий мыслитель, воссоздавший по отдельным деталям общую картину Вселенной. На основе собственных наблюдений Уильям Гершель впервые установил общую форму и сделал первые оценки размеров нашего грандиозного «звёздного дома» — Галактики. Он же первым вышел со своими телескопами в безграничный мир далёких «млечных» туманностей — других звёздных вселенных. Гершель вдвое расширил Солнечную систему и «сдвинул с места» Солнце, открыв его движение в мировом пространстве. В наблюдательной астрономии он был и Колумбом, и Магелланом. А началось всё с любознательности и любви к... музыке.

* * *

Фридрих Вильгельм (Уильям) Гершель родился 15 ноября 1738 г. в Ганновере (Германия) в семье полкового музыканта Ганноверской гвардии. С 15 лет он сам стал играть на гобое в том же оркестре, а в дальнейшем играл на скрипке и органе. В 19 лет жизненный путь его круто изменился. Спасаясь от рекрутчины, он с тайного благословения матери бежал в Англию (Ганновер подчинялся тогда английскому королю), навсегда расставшись с родиной. После многих невзгод и лишений Гершель приобрёл известность как музыкант-исполнитель, композитор и преподаватель музыки в приморском курортном городе Бате недалеко от Бристоля. Он серьёзно занимался теорией музыки. От неё увлечение перешло на математику и оптику, через которую он познакомился с астрономией.

Гершелю было 35 лет — жизнь, казалось, определилась. На концертах с ним успешно выступала его талантливая младшая сестра Каролина, которую он вызвал к себе в Англию. Но интерес Гершеля к звёздам, желание увидеть всё своими глазами и энергичная, деятельная натура решили его дальнейшую судьбу. В 1773 г. Гершель приобрёл небольшой отражательный телескоп с фокусным расстоянием 2,5 фута (около 76 см). Хотя наблюдения с ним не удовлетворили его, на больший инструмент не было средств. Тогда, скупив у одного оптика весь запас заготовок и материалов, Гершель приступил к изготовлению телескопа самостоятельно.



Уильям Гершель.

Уже в марте 1774 г. Гершель наблюдал красивую светлую туманность в созвездии Ориона с помощью своего первого самодельного телескопа-рефлектора ньютоновской системы длиной 5,5 футов (почти 2 м) и диаметром главного зеркала 20 см.



Зеркальный телескоп. XVIII в.





Пьер Симон Лаплас.

ему возможность учиться в коллеже монахов-бенедиктинцев в Бомон-ан-Ож. В середине XVIII в. образование в нём уже было светским.

Лаплас проявил блестящие способности к языкам, математике, литературе, богословию. Литературу он любил всю жизнь, особенно Жана Расина. Его стихи Лаплас ставил наравне с открытиями Исаака Ньютона и читал наизусть отрывки из его трагедий. Юный Пьер Симон вначале думал стать богословом. Он успешно выступал в дискуссиях на религиозные темы и обратил на себя внимание влиятельных служителей ордена бенедиктинцев. Благодаря этому Лаплас, ещё учась в коллеже, получил место преподавателя в военной школе Бомона. Там он преподавал элементарную математику.

Окончив коллеж, Лаплас поступил в университет в городе Кан и готовился там к карьере священника. Огромное влияние на него оказала «Энциклопедия, или Толковый словарь наук, искусств и ремёсел», авторами которой были великие деятели эпохи Просвещения во Франции. Лаплас самостоятельно изучал труды Исаака Ньютона и математические работы Леонарда Эйлера, Алексиса Клеро, Жозефа Луи Лагранжа и Жана Лерона Д'Аламбера.

Первая научная работа Лапласа была связана с математической теорией азартных игр. Для нахождения средних значений случайных величин он предложил «метод наименьших квадратов» (ищется величина, сумма квадратов отклонений от которой минимальна). Метод этот стал одним из важнейших инструментов теоретического естествознания.

Лаплас стал убеждённым последователем Ньютона и поставил перед собой задачу объяснить движение планет, их спутников, комет, океанские приливы на Земле и сложное движение Луны, пользуясь только принципом тяготения Ньютона. Своё убеждение он хотел подтвердить конкретными расчётами. Лаплас отказался от карьеры священника и решил посвятить свою жизнь теоретической астрономии.

Осенью 1770 г. Лаплас переехал в Париж. Он послал Д'Аламберу рекомендательные письма, на которые тот не обратил никакого внимания. Тогда Лаплас написал знаменитому учёному письмо, в котором изложил свои представления о задачах теоретической астрономии. Д'Аламбер понял, что перед ним очень талантливый молодой человек, уже владеющий современными математическими методами. Благодаря его поддержке Лаплас стал профессором математики в Королевской военной школе в Париже.

Лаплас обосновался в Париже и в Нормандию никогда больше не возвращался. Всё своё время он отдавал математике, направляя в Королевскую академию наук работу за работой по теории вероятностей и механике. Ему хотелось получить там младшую научную должность адъюнкта. Лаплас, которому было 22 года, был вполне уверен в себе: ведь Клеро был избран в Академию в 18 лет, а Д'Аламбер — в 24 года. Однако первая попытка оказалась неудачной. Лаплас вёл себя самоуверенно и нередко уязвлял самолюбие академиков, демонстрируя высокий уровень своих знаний. Несмотря на множество работ по математике, его забаллотировали.



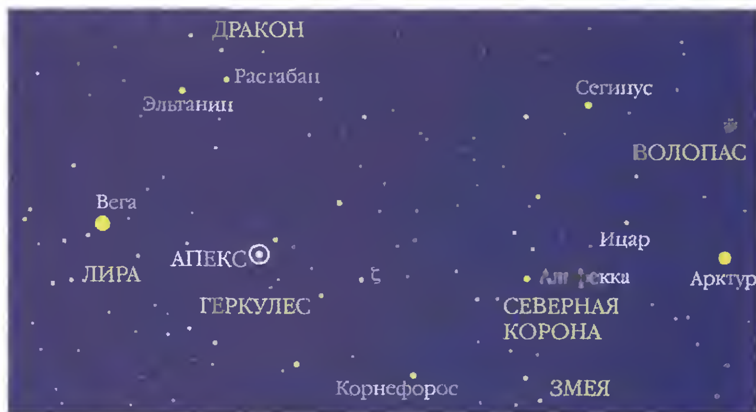


◄ Положение Урана среди звёзд на момент его открытия 13 марта 1781 г.

Гершель вступил в астрономию с триумфом. Золотая медаль Лондонского королевского общества, избрание в члены этого Общества, почётная и редкая для иностранца степень доктора Оксфордского университета, должность придворного астронома с пожизненной пенсией в 300 гиней были наградой Гершелю в Англии. Но главное: он стал астрономом-профессионалом. В 1782 г. Гершель переехал в Старый Виндзор, а в 1786 г. навсегда поселился в Слау в 30 км от Лондона (ныне в черте города). Именно Слау знаменитый Франсуа Араго назвал тем местом на Земле, где было сделано наибольшее количество астрономических открытий. В Солнечной системе помимо Урана Гершель открыл два его спутника (1787 г.), обнаружив у них обратное движение (1797 г.), а также два новых спутника Сатурна (1789 г.); весьма точно измерил период вращения Сатурна и его кольца (1790 г.); выявил сезонные изменения размеров полярных шапок на Марсе, что стало первым импульсом для размышлений о марсианах и многое другое. Однако планетные исследования Гершеля лишь «попутная мелочь», которую он порой случайно находил на обочине своей главной дороги — в неизведанный Мир Звёзд.

Уже в 1783 г., сравнив известные собственные движения 13 звёзд в окрестностях Солнца, Гершель обнаружил его движение в пространстве и указал довольно точно его направление (апекс) к звезде λ Геркулеса.

Ещё более важным оказалось открытие двойных и кратных звёзд. Начав в 1778 г. с массовой переписи всех видимых на небе тесных пар звёзд, Гершель спустя лишь четверть века, 9 июня 1803 г., сделал в Лондонском королевском обществе знаменитое сообщение об открытии им реальной гравитационной связи между компонентами у 50 пар звёзд. Его последней работой стал каталог 145 физически двойных звёзд с детальным исследованием их орбит (1822 г.). Всего Гершель открыл свыше 800 двойных и кратных звёзд. Он же первым попытался внести ясность и в область звёздной фотометрии. Проводя систематические наблюдения в этой



Апекс Солнца.

ОТКРЫТИЕ УРАНА

Сложилось мнение, будто Уран привёл в поле зрения моего телескопа счастливый случай, но полагать так — явная ошибка. Ведь я последовательно рассматривал каждую звезду не только той же, но и много меньшей величины, а потому в ту ночь настал её черёд быть открытой. Я постепенно штудировал великий труд Творца всего сущего и наконец добрался до страницы, которая содержала седьмую планету. Если бы в этот вечер мне помешало какое-нибудь дело, я нашёл бы её в следующий, а телескоп мой был так хорош, что при первом же взгляде на неё я различил диск планеты.

(По сочинениям Уильяма Гершеля.)



Юпитера, поэтому их движения сложны и только в первом приближении могут быть описаны законами Кеплера.

Античные философы считали соизмеримость признаком гармонии. Они полагали, что движения планет гармоничны. Лаплас же обнаружил, что сложное движение планет и комет вызвано именно близостью Солнечной системы к гармоничному состоянию.

В работах 1778—1785 гг. Лаплас продолжал совершенствовать теорию возмущений. Её он использовал для анализа движения комет. Он показал, что если первоначально комета двигалась относительно Солнца по гиперболической орбите, то, приблизившись к Юпитеру, она будет испытывать сильное гравитационное воздействие. Её орбита может стать эллиптической, и периодически комета будет возвращаться к Солнцу.

В марте 1788 г. Лаплас женился на Шарлотте де Курти, красивой женщине с мягким характером. По воспоминаниям друзей Лапласа, в семейной жизни он был счастлив. У него было двое детей — сын, впоследствии генерал-артиллерист, и дочь, которая умерла в молодости.

В 1789 г. Лаплас построил теорию движения спутников Юпитера. Она очень хорошо согласовалась с наблюдениями, и её использовали для предсказания движения этих спутников.

* * *

Штурмом Бастилии 14 июля 1789 г. началась Великая французская революция. В августе 1792 г. король был свергнут и вскоре казнён. Учредитель-

ГОРБЫ ПРИЛИВОВ В ОКЕАНЕ

В 1777 г. Лаплас выступил в Парижской академии с докладом о приливах и отливах в океанах. Их первую модель рассмотрел Ньютон, следуя гипотезе Кеплера о том, что приливы и отливы вызывает тяготение Солнца и Луны. Эту теорию совершенствовали Иоганн Бернулли, Эйлер и Д'Аламбер. Ими разработана статическая теория приливов, по которой складываются два горба, направленные точно на Луну, и два — точно на Солнце. Такая схема годилась лишь для очень глубокого океана на невращающейся планете.

Лаплас создал динамическую теорию приливов, в которой рассмотрел движение воды океанов вдоль поверхности Земли. Эта теория значительно точнее описывает реальные приливы.



ЮПИТЕР ПОДПРАВЛЯЕТ ДВИЖЕНИЕ ЛУНЫ!

В ноябре 1787 г. Лаплас прочёл в Академии доклад о движении Луны. Ещё Галлей, сравнивая наблюдения затмений в древности и в современную ему эпоху, обнаружил, что период обращения Луны вокруг Земли уменьшился. Он оценил, что средняя угловая скорость перемещения Луны увеличивается примерно на 10° в столетие. Лагранж не смог объяснить это ускорение Луны и стал сомневаться в верности древних наблюдений.

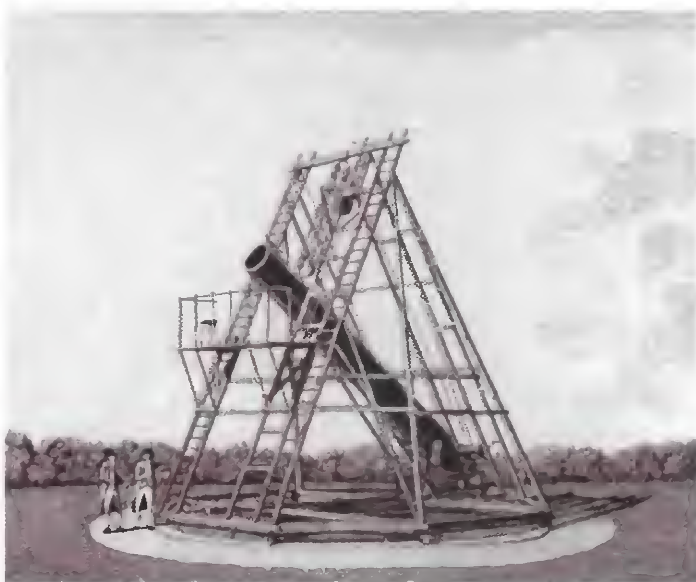
Лаплас же ускорение Луны объяснить смог. Из работ Лагранжа он уже знал, что возмущающее действие Юпитера на Землю приводит к изменению эксцентриситета земной орбиты. Она то приближается к окружности, то делается более вытянутой. Лаплас показал, что период обращения Луны вокруг Земли зависит от эксцентриситета земной орбиты. Когда она приближается к кругу, то движение Луны ускоряется. Через некоторое время эксцентриситет начинает расти, и по мере удаления от Земли, движение Луны будет замедляться. Эта работа Лапласа устранила последнее важное в то время разногласие между теорией тяготения Ньютона и наблюдениями.



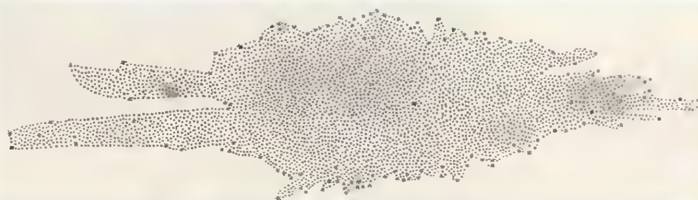
пространстве. Сделав более тысячи таких «черпков», Гершель выявил общую форму Млечного Пути как уплощённой системы звёзд и правильно оценил её сжатие в 1/5. Он обнаружил изолированность нашей системы в пространстве, впервые представшей в виде звёздного «острова». Даже при весьма приблизительных допущениях Гершеля размеры нашей Галактики оказались чудовищно огромными — 850 × 200 единиц — расстояний до Сириуса, равных 8 световым годам (6800 × 1600 световых лет), — и произвели глубокое впечатление на его современников. Здесь, однако, Гершеля и всех его последователей вплоть до 30-х гг. XX столетия ожидал подвох. Наблюдения отдельных звёзд не позволяют достигнуть границ Галактики, в результате чего возникает впечатление центрального положения в ней самого наблюдателя, а значит, и нашего Солнца. Впервые эту иллюзию разрушил Харлоу Шепли.

За год до того Гершель сделал открытие, значительность которого поняли лишь спустя полтора столетия. В 1784 г. во время обзора туманностей из каталога Мессье он убедился, что существуют и туманности особого рода. Гершель открыл свыше 400 новых, в основном намного более слабых, «неразложимых» на звёзды даже его мощным телескопом или «млечных» туманностей. На небе они располагались крайне неравномерно — кучами, а эти кучи и отдельные туманности объединялись в длинные полосы — пласты. Гершель выделил два пласта туманностей, и наиболее заметный из них назвал «пласт Волос Вероники», поскольку именно на это созвездие и соседнее созвездие Девы приходилась наиболее богатая туманностями часть пласта. Кроме того, Гершель отметил его продолжение в некоторых других северных созвездиях — Большой Медведицы, Льва — и указал на то, что его расположение перпендикулярно Млечному Пути. Он допустил, что этот пласт, подобно нашему Млечному Пути, может охватывать кольцом по большому кругу всё небо, продолжаясь в южной полусфере. С гениальной проницательностью он увидел в стремлении туманностей скучиваться и образовывать пласты — характерные структурные черты наблюдаемой Вселенной. Гершель сравнивал эти туманные пласты с геологическими пластами, в которых как бы записана история Земли.

Только в 1953 г., французский астроном Жерар де Вокулёр окончательно установил (видимо, даже не зная



▲▲ 20-футовый телескоп У. Гершеля.



▲ Звёздная система Млечный Путь. Рисунок У. Гершеля.



Выделение на небе «пласта Волос Вероники» как фрагмента кольца «млечных путей».



КАЛЕНДАРЬ ФРАНЦУЗСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ 1789 г.

Декретом от 5 октября 1793 г. во Франции был введён новый — республиканский календарь. Первым днём года и новой эры стал день провозглашения Республики (22 сентября 1792 г.). Год делился на 12 месяцев по 30 дней каждый:

- вандемьер — с 22/23 сентября по 21/22 октября;
- брюмер — с 22/23 октября по 20/21 ноября;
- фример — с 21/23 ноября по 20/22 декабря;
- нивоз — с 21/23 декабря по 19/21 января;
- плювиоз — 20/21 января по 18/19 февраля;
- вантоз — с 19/20 февраля по 20/21 марта;
- жерминаль — с 21/22 марта по 19/20 апреля;
- флореаль — с 20/21 апреля по 19/20 мая;
- прериаль — с 20/21 мая по 18/19 июня;
- мессидор — с 19/20 июня по 18/19 июля;
- термидор — с 19/20 июля по 17/18 августа;
- фрюктидор — с 18/19 августа по 16/17 сентября.

В конце года прибавляли ещё 5 или 6 (в високосный год) дней.

В августе 1795 г. был учреждён Институт Франции, заменивший Академию. Лагранж избран председателем, а Лаплас — вице-председателем физико-математической секции института.

Лаплас начал работу над большим научным трактатом о движении тел в Солнечной системе. Он назвал его «Трактатом о небесной механике». Первый том вышел в 1798 г.

В ноябре 1799 г. генерал Наполеон Бонапарт произвёл государственный переворот и объявил себя первым консулом Французской республики. Когда Наполеон учился в Военной школе, он слушал лекции Лапласа и блестяще сдал ему экзамен по баллистике. Придя к власти, Наполеон назначил Лапласа министром внутренних дел, а сам вступил в члены Института Франции. Однако министр внутренних дел из Лапласа не получился. Он хотел реорганизовать работу судов на научной основе так, чтобы их приговоры с наибольшей вероятностью соответствовали сути дела. Через месяц Наполеон перевёл его в Сенат.

Лаплас продолжал много работать. Один за другим выходили тома «Трактата о небесной механике». Он стал членом большинства европейских академий. В 1808 г. Наполеон, уже будучи императором, пожал[...] Лапласу титул графа империи.

После падения Наполеона и ре[...] рации королевской династии Бу[...] нов в 1814 г. Лапласа снова осы[...] милостями. Он получил титул ма[...] за и стал пэром Франции, ему вр[...] ли орден Почётного легиона выс[...] степени. За литературные досто[...] ва «Изложения системы мира» Ла[...] был избран в число «40 бессм[...] ных» — академиков секции языка [...] тературы Парижской академии [...]

В 1820 г. Лаплас организовал [...] чёты координат Луны по форм[...] его теории возмущений. Новые [...] лицы хорошо согласовывались [...] блюдениями и имели большой у[...]

* * *

Последние годы жизни Лаплас пр[...] с семьёй в Аркейле. Он занимало[...]



MÉCANIQUE CÉLESTE.

MARQUIS DE LA PLACE,

NATHANIEL BOWDITCH, LL. D.

VOLUME IV.

WITH A MEMOIR OF THE TRANSLATOR,

BOSTON.

▸ Титульный лист «Трактата о небесной механике».

данием «Трактата о небесной мех[...] ке», работал с учениками. Несм[...] на крупные доходы, жил он о[...] скромно. Кабинет Лапласа укра[...] копии с картин Рафаэля.

Зимой 1827 г. Лаплас заболел[...] ром 5 марта 1827 г. он умер. По[...] ние слова его были: «То, что мы [...] ем, так ничтожно по сравнению [...] чего мы не знаем».



свечения. По внешнему виду они напоминали Уран и были названы им планетарными. Сначала Гершель считал их также звёздными системами, причём самыми далёкими. Но когда в 1791 г. он обнаружил подобный объект в Персее (известная ныне планетарная туманность NGC 1514), где в центре бледного диска находилась яркая точка, то сделал правильный вывод: материя вокруг яркого центра — обычной звезды — имеет не звёздную, а диффузную природу. Воображение Гершеля пленила яркая картина, как материя собирается силами тяготения к центру, таким образом формируя центральную звезду. (На самом деле, как сегодня известно, эти туманности расширяются.) Теперь Гершель мог разделить неразложимые «млечные» туманности на «истинные» и «ложные» (далёкие звёздные системы).

Разгадка структуры планетарных туманностей, однако, надолго увела Гершеля от правильного толкования «млечных» туманностей вообще, особенно с яркими ядрами. Он стал объяснять их как формирующиеся звёзды, а в разнообразии форм усматривал различные стадии этого процесса. Несмотря на ошибочность объяснения конкретных объектов, сама идея сыграла большую роль в развитии эволюционных представлений о природе вообще. В астрономии идея развития природы, впервые прозвучавшая в работах Иммануила Канта, благодаря Гершелю укрепилась даже раньше, чем в биологии, где её родоначальником стал Жан Батист Ламарк (1809 г.). Лаплас от издания к изданию корректировал свою космогоническую гипотезу в соответствии с открытиями Гершеля.

Выдвинув такие, казавшиеся в его время смелыми идеи, как пластообразное распределение туманностей, эволюция космической материи и продолжающееся формирование звёзд из диффузной материи, Гершель проявил себя глубоко мыслящим философом.

В последние годы жизни Гершель, наблюдая с 40-футовым телескопом, убедился в недостижимости границ Галактики. Убедился он и в том, что не все млечные туманности — сгустки диффузной материи и что даже самые слабые из них, обнаруженные на пределе видимости, могут быть другими далёкими «млечными путями».

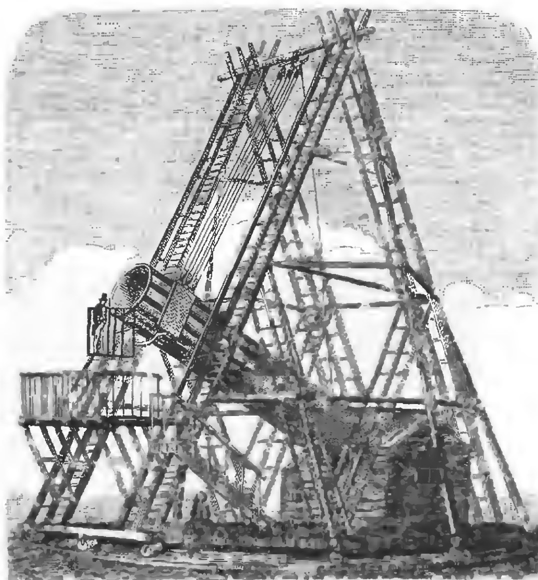
* * *

Гершель вёл наблюдения каждую ясную ночь в течение более чем 30 лет и лишь в 1807 г., после тяжёлой болезни, стал отходить от них. Он скончался 23 (по другим источникам — 25) августа 1822 г. «Сломал засовы

ЗВЁЗДЫ РАСТУТ В НЕБЕСНОМ САДУ

Посмотрим на небо немного по-другому, и оно предстанет перед нами в новом свете. Небо — оно как пышный старый сад, в котором растёт великое множество разнообразных деревьев разного возраста, цветущих и плодоносящих в разные сроки. Осматривая сад дерево за деревом, мы можем извлечь для себя знания о стадиях жизни растений, об их последовательности. Тем самым мы как бы сильно расширим время нашего наблюдения, потому что разве не одно и то же, наблюдаем ли мы непрерывно, как росток пробивается из-под земли, как растение одевается листвой, цветёт, плодоносит, увядает, засыхает и даёт жизнь новым поколениям растений, или же нашему взору одновременно открывается множество растений, находящихся в разных стадиях своего существования? На этом пути долгая и неторопливая жизнь небесного сада откроется вдумчивому обзору.

(По сочинениям Уильяма Гершеля.)



40-футовый телескоп У. Гершеля.





Туманность в созвездии Ориона.

Дни Гершеля были отныне заполнены изготовлением зеркал, вечера — музыкой, а ночные часы он со всё бо́льшим увлечением отдавал астрономическим наблюдениям, которые ухитрялся проводить даже во время концертных антрактов. Изготовлять телескопы ему помогал младший брат Александр, талантливый механик, также вызванный им из Германии.

Неоценимую роль в жизни и научных исследованиях учёного сыграла сестра Каролина. Она проводила трудоёмкую обработку результатов наблюдений и в течение 16 лет вела хозяйство их небольшой семьи. Её дневники и воспоминания донесли до нас обстановку кипучей, весёлой и самозабвенной, освещённой глубокой взаимной привязанностью творческой жизни Уильяма Гершеля и его ближайших помощников. Однажды в мастерской взорвалась плавильная печь, в которой Гершель варил особый сплав из меди и олова для металлических зеркал своих телескопов. Каролину приводило в отчаяние то, что чистые комнаты их дома были превращены в мастерские, а традиционные кружевные манжеты на рукавах рубашек её братьев бывали безнадёжно испорчены при шлифовке и полировке зеркал. Эта многочасовая работа, сначала делавшаяся Гершелем вручную, не допускала перерывов. В дальнейшем он механизировал шлифовку длиннофокусных зеркал, которые были не сферическими, а параболическими и потому требовали особой точности в обработке.

Уже в Бате Гершель изготовил сотни зеркал для 7-, 10- и 20-футовых рефлекторов. Основным его рабочим инструментом был 20-футовый (фокусное расстояние трубы около 7 м) ньютоновский рефлектор с диаметром объектива почти в полметра. Вершиной же развития телескопостроения вплоть до середины XIX в. стал созданный Гершелем в 1787—1789 гг. гигантский 40-футовый рефлектор с длиной трубы 12 м и диаметром зеркала 147 см (весом около 1 т!). Максимальное эффективное увеличение на больших телескопах Гершеля составляло 2,5 тыс. и применялось в особых целях — для наблюдений двойных звёзд. Свои знаменитые обзоры неба Гершель проводил обычно с увеличением 150—300. Наблюдения требовали немалой выносливости и смелости, так как велись с площадки на высоте нескольких метров над землёй.

Начиная с 1775 г. он провёл четыре систематических обзора звёздного неба, чтобы не пропустить ни одного неизвестного объекта, причём каждый обзор занимал несколько лет. Каролина вела запись всего увиденного братом под его диктовку. Во время второго такого обзора неожиданно закончилась его карьера музыканта: 13 марта 1781 г. Гершель впервые после жрецов Вавилона открыл планету — Уран. Солнечная планетная система сразу увеличилась по размерам более чем вдвое

Когда брат шлифовал зеркало, мне даже приходилось самой класть ему пищу в рот, иначе он совсем изголодался бы: однажды, кончая шлифовать семифутовое зеркало, он не отрывал от него рук в течение шестнадцати часов. Да и вообще за едой он всегда бывал чем-то занят: рисовал планы и наброски или делал ещё что-нибудь. Если работа не требовала размышлений, я обычно читала ему вслух, и мало-помалу, помогая чем могла, я стала полезна в мастерской, как может быть полезен подмастерье в первый год своего обучения.

(По книге Каролины Гершель «Воспоминания». 1825 г.)



наблюдалась тёмная линия. Что бы это значило?

Решить этот вопрос в 1859 г. взялись выдающийся немецкий физик Густав Кирхгоф (1824—1887) и его коллега, известный химик Роберт Бунзен (1811—1899). Сравнивая длины волн фраунгоферовых линий в спектре Солнца и линий излучения паров различных веществ, Кирхгоф и Бунзен обнаружили на Солнце натрий, железо, магний, кальций, хром и другие металлы. Каждый раз светящимся лабораторным линиям земных газов соответствовали тёмные линии в спектре Солнца. В 1862 г. шведский физик и астроном Андрес Йонас Ангстрем (1814—1874), ещё один из основоположников спектроскопии (его именем названа самая маленькая единица длины, ангстрем: 1 Å=10^{-10} м), обнаружил в солнечном спектре линии самого распространённого в природе элемента — водорода. В 1869 г. он же, измерив с большой точностью длины волн нескольких тысяч линий, составил первый подробный атлас спектра Солнца.

18 августа 1868 г. французский астрофизик Пьер Жансен, наблюдая полное солнечное затмение, заметил яркую жёлтую линию в спектре Солнца вблизи двойной линии натрия. Её приписали неизвестному на Земле химическому элементу гелию (от *греч.* «*хелиос*» — «солнце»). Действительно, на Земле гелий был впервые найден в газах, выделявшихся при нагревании минерала клевеита, только в 1895 г., так что он вполне оправдал своё «внеземное» название.

Успехи спектроскопии Солнца стимулировали учёных применять спектральный анализ к изучению звёзд. Выдающаяся роль в развитии звёздной спектроскопии по праву принадлежит итальянскому астрофизику Анджело Се́кки (1818—1878). В 1863—1868 гг. он изучил спектры 4 тыс. звёзд и построил первую классификацию звёздных спектров, разделив их на четыре класса. Его классификация была принята всеми астрономами и применялась до введения в начале XX в. Гарвардской классификации. Одновременно с Уильямом Хёггинсом Секки выполнил первые спектральные наблюдения планет, причём он обнаружил в красной части спектра Юпитера широкую тёмную полосу, принадлежавшую, как выяснилось впоследствии, метану.



Йозеф Фраунгофер показывает кружку учёных тёмные линии в спектре Солнца.

Немалый вклад в развитие астроспектроскопии внёс соотечественник Секки Джованни Дона́ти (1826—1873), имя которого обычно связывают с открытой им в 1858 г. и названной в его честь яркой и очень красивой кометой. Донати первым получил её



Комета Донати над Парижем.



области с 1794 г., Гершель за шесть лет составил шесть каталогов относительного блеска звёзд. Он впервые ввёл надёжную шкалу звёздных величин (которая несколько отличалась от современной) и измерил блеск около 3 тыс. звёзд с точностью до 0,1 звёздной величины, максимальной для визуальных наблюдений. В результате он открыл несколько новых переменных.

Гершель умел видеть то, что совершенно выпадало из поля зрения его современников. В 1804 г. он обратил внимание на связь между ценами на пшеницу (определявшимися её урожайностью) и радиацией Солнца, зависевшей от числа пятен на его поверхности. Это курьёзное по тем временам сообщение было опубликовано в «Берлинском астрономическом ежегоднике» (Berliner astronomisches Jahrbuch) Иоганна Боде в 1808 г.

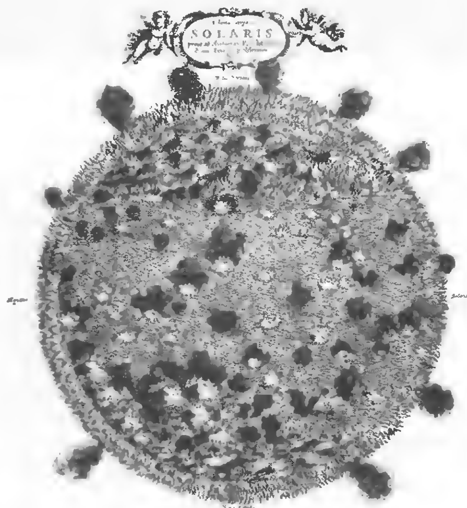
Не обошлось и без заблуждений: как многие тогда, Гершель был увлечён идеей множественности обитаемых миров и допускал, что даже Солнце может быть таким телом — холодным, окружённым лишь ярко светящейся атмосферой, сквозь разрывы в которой в виде пятен проглядывает тёмная поверхность...

В 1800 г. Гершель обнаружил, что термометр, оказавшийся за пределами видимого солнечного спектра со стороны его красного конца, тоже нагревается. Так были открыты тепловые лучи, или инфракрасное излучение. В спектрах звёзд Гершель первым отметил различие в положении максимума их яркости, отчего одни звёзды могли быть названы синими, а другие — жёлтыми или красными. Это явление, говорящее о разнице поверхностных температур звёзд, в дальнейшем легло в основу первых спектральных классификаций звёзд.

* * *

Главный вклад Гершель сделал в понимание общего устройства Вселенной. Первые же обзоры неба с 20-футовым телескопом открыли перед ним колоссальное обилие неразличимых невооружённым глазом звёзд и крайнюю неравномерность их видимого распределения по небу. Телескоп Гершеля раскрыл природу и самых загадочных в те времена объектов неба — неподвижных «млечных» туманностей. Эти маленькие туманные пятнышки мешали главному делу наблюдателей XVIII в. — поискам новых комет. Знаменитый открыватель новых комет Шарль Мессье в 1781—1783 гг. даже опубликовал специальный каталог более сотни таких «помех» — «млечных» пятен, чтобы наблюдатели не принимали их за новые кометы. Каково же было удивление Гершеля, когда в его телескопы многие из туманностей Мессье разложились на кучи звёзд, как бы подтверждая теорию островных вселенных английского астронома Томаса Райта (1711—1786). Так звёздная Вселенная постепенно открывала сложную структуру своего устройства.

Необъятный мир, распахнувшийся перед Гершелем, уже невозможно было изучать по старинке, объект за объектом. Чтобы понять его строение, он создал статистический метод звёздных проб — «черпков». Он подсчитывал число звёзд в поле зрения 20-футового телескопа в разных частях неба и по их обилию судил, насколько далеко простирается наша звёздная Вселенная в данном направлении. При этом Гершель сознательно принял грубое допущение о равномерном распределении звёзд в



Изображение Солнца на гравюре 1635 г.



исходя из теоретических соображений. Джеймс Клерк Максвелл (1831—1879) и Софья Васильевна Ковалевская (1850—1891).

Одновременно с Белопольским такой же результат получили американский астроном Джеймс Эдуард Ки́лер (1857—1900) и французский астроном Анри Дела́ндр (1853—1948).

Примерно за год до этих исследований Белопольский обнаружил периодическое изменение лучевых скоростей у цефеид. Тогда же московский физик Николай Алексеевич Умов (1846—1915) высказал опередившую своё время мысль, что в данном случае учёные имеют дело не с двойной системой, как тогда полагали, а с пульсацией звезды.

Между тем астроспектроскопия делала всё новые и новые успехи. В 1890 г. Гарвардская астрономическая обсерватория выпустила большой каталог звёздных спектров, содержавший 10 350 звёзд до 8-й звёздной величины и до 25° южного склонения. Он был посвящён памяти Генри Дрэ́пера (1837—1882), американского любителя астрономии (по специальности врача), пионера широкого применения фотографии в астрономии. В 1872 г. он получил первую фотографию спектра звезды (спектрограмму), а в дальнейшем — спектры ярких звёзд, Луны, планет, комет и туманностей. После выхода первого тома каталога к нему не раз издавались дополнения. Общее число изученных спектров звёзд достигло 350 тыс.

ФОТОГРАФИЯ В АСТРОНОМИИ

Применение фотографии в астрономии имело громадное значение благодаря её многочисленным преимуществам перед визуальными наблюдениями.

В 1839 г. французский изобретатель Луи Жак Манде́ Даге́р (1787—1851) придумал способ получения скрытого изображения на металлической пластинке из йодистого серебра, которое он проявлял затем парами ртути. Появились первые портреты людей (дагеротипы). Директор Парижской обсерватории Доминик Франсуа Араго (1786—1853) в своём докладе Французской академии наук 19 августа 1839 г. указал на обширные перспективы применения фотографии в науке, в частности в астрономии. Уже в 1840 г. были получены первые дагеротипы Солнца и Луны, затем звёзд, солнечной короны, спектра Солнца.

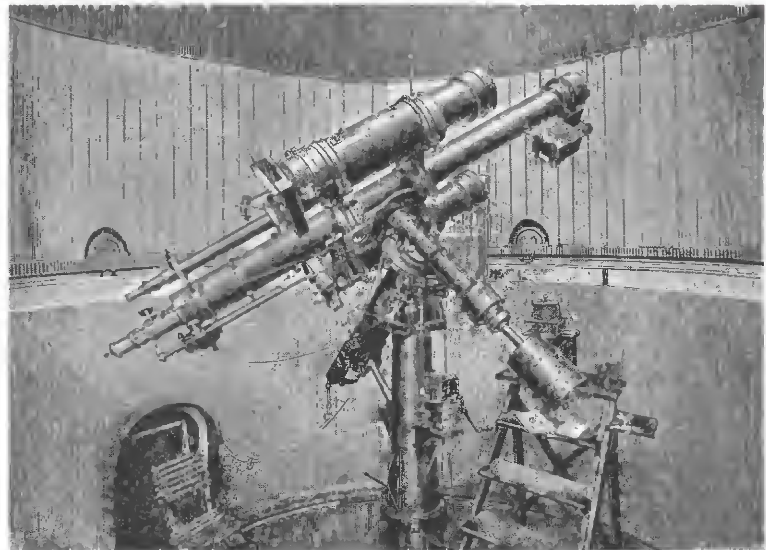
Большим недостатком дагеротипов была невозможность их тиражирования. Дагеротип получался в одном экземпляре, и, чтобы получить другой, надо было снимать вторично. В 1851 г. англичанин Ф. Скотт-Арчер придумал мокрый коллоидный способ, когда пластинки незадолго до употребления заливались слоем коллоида, содержащим йодистое серебро. Последнее и служило светочувствительным материалом.

Первые же эксперименты по фотографированию небесных тел этим способом показали значительное преимущество мокрого коллоидного способа перед дагеротипным. Время экспозиций сократились более чем в 100 раз, изображения содержали многочисленные детали.

Самых больших успехов в применении мокрого коллоидного способа достиг английский астроном-



Аристарх Аполлонович Белопольский.



Телескоп-рефрактор с тремя фотокамерами. XIX в.





Дом У. Гершеля в Бате. Здесь была открыта планета Уран.

о пионерских работах Гершеля), что в характерных пластах, состоящих, как тогда уже было известно, не из туманностей, а из других галактик, содержится экваториальная часть огромной сверхсистемы из десятков тысяч галактик, одной из которых является наша. Гершеля можно назвать первооткрывателем крупномасштабной структуры Вселенной, привлекающей сейчас столь большое внимание космологов.

Планетарная туманность.



Открытия Гершеля в мире туманностей поистине неисчерпаемы. Три его каталога новых туманностей и звёздных скоплений (1786, 1789 и 1802 гг.) содержали две с половиной тысячи этих объектов, большинство из которых являются, как оказалось, галактиками. Гершель открыл и описал множество форм туманностей, в том числе отметил «кометообразные» туманности, рассматривающиеся в наши дни как важный этап рождения звёзд. Он впервые обратил внимание на существование двойных и кратных туманностей и представил их как реальные физические системы.

Таким образом, Гершель первым высказал идею эволюции космической материи под действием сил гравитации. Так как ему удалось разложить некоторые туманности на звёзды, он считал тогда все их далёкими звёздными системами — «млечными путями» — и потому предложил во избежание путаницы писать название нашей системы с прописных букв — Млечный Путь. Среди отмеченных Гершелем почти 200 двойных и кратных туманностей около половины оказались реальными кратными системами, а 19 (у Гершеля — с перемычками) отнесены сейчас к так называемым взаимодействующим галактикам. Последние повторно были открыты и рассмотрены лишь в XX в. Фрицем Цвикки и особенно подробно — Борисом Александровичем Воронцовым-Вельяминовым. Высказал Гершель и важную идею о том, что в местах случайной повышенной пространственной плотности звёзд должна возникать «скапливающая сила», которая делает дальнейший процесс гравитационного сжатия необратимым. (Эти идеи много позже развил Джеймс Джинс.)

Удивительное открытие Гершель сделал в 1791 г. К тому времени среди огромного разнообразия туманностей он выделил особый класс — туманности в виде маленьких дисков с совершенно равномерным распределением в них слабого зеленоватого



ствует отношение блеска, составляющее 2,512 раза. Число это выбрано для удобства, потому что $2{,}512^5 = 100$. Разности в 5 звёздных величин соответствует отношение блеска ровно в 100 раз, а для разности, например, в 15 величин оно равно 1 млн. Начались точные определения блеска звёзд. Для этого применялись специальные приборы — фотометры. Благодаря этим методам стали возможными точные наблюдения изменений блеска переменных звёзд.

Наблюдательная астрофизика бурно развивалась и в XX в. Но в этом веке её впервые начала опережать астрофизика теоретическая, охватившая единым взором всю Вселенную.

ВАСИЛИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СТРУВЕ

Даже если бы этот немецкий филолог не сделал никаких открытий в астрономии, он навсегда вошёл бы в её историю как основатель Пулковской обсерватории — «астрономической столицы мира» XIX столетия. Фридрих Георг Вильгельм Стру́ве (таково его настоящее имя), однако, не только сделал множество замечательных открытий, но явился по сути основателем российской астрономической школы. Его ученики заняли профессорские кафедры во всех ведущих университетах России. Струве стал и родоначальником династии учёных, которая почти полтора столетия работала в области астрономии. Его сын Отто Васильевич Струве (1819—1905) сменил в 1862—1889 гг. своего отца на посту директора Пулковской обсерватории. В Пулково, Кёнигсберге и Харькове блистали его внуки Герман Оттович Струве (1854—1920) и Людвиг Оттович Струве (1858—1920). Из представителей этой династии наибольшую известность в астрономии приобрёл его правнук Отто Людвигович Струве (1897—1963), который после Октябрьского переворота 1917 г. вынужден был уехать из России и получил всемирную известность уже как американский астрофизик.

* * *

Фридрих Георг Вильгельм Струве родился 15 апреля 1793 г. в Альтоне, тогда приграничном датском городке (ныне пригород Гамбурга). Он был пятым ребёнком в большой дружной семье. Его отец, директор гимназии, самостоятельно руководил домашним обучением Вильгельма. Он преподавал ему древние языки и классическую литературу.

Весной 1808 г. в Гамбурге Вильгельма схватили французские вербовщики. Тогда почти вся Западная Европа была оккупирована войсками Наполеона. 15-летний Вильгельм был рослым и сильным юношей. Он выпрыгнул из окна второго этажа, где его заперли французы, и добрался до Альтона, который принадлежал нейтральной Дании. Хотя Вильгельм избежал участи наёмного солдата, его родители были очень встревожены и отправили сына в Россию — в Дерптский университет (ныне Тартуский



Василий Яковлевич Струве.



Небес», — написано на его могильном камне.

Сестра Уильяма Каролина Лукреция Гершель (1750—1848) — знаменитейшая женщина-астроном. Она обработала и после смерти брата издала каталог 2500 туманностей и звёздных скоплений Гершеля. Она самостоятельно открыла 8 комет и 14 туманностей.

Знаменитым астрономом был и его сын Джон Фредерик Уильям Гершель (1792—1871), продолживший наблюдения, начатые его отцом. Он также являлся почётным членом Петербургской Академии наук.

ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ ВЕК И АСТРОФИЗИКА

Девятнадцатый век — это век становления и быстрого развития ещё одной важной области астрономии — *астрофизики*. К тому времени в сферу внимания учёных попали принципы устройства и эволюции небесных тел, физика процессов, происходящих в космическом пространстве. От физики новая наука взяла методы изучения, а от астрономии — необъятное поле исследований, о котором физики могли только мечтать.

Термин «астрофизика» появился в середине 60-х гг. XIX в. «Крёстным отцом» астрофизики был немецкий астроном Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер (1834—1882), профессор Лейпцигского университета.

В отличие от небесной механики, год рождения которой точно известен (1687-й), назвать дату «появления на свет» астрофизики не так легко. Она зарождалась постепенно, в течение первой половины XIX в.

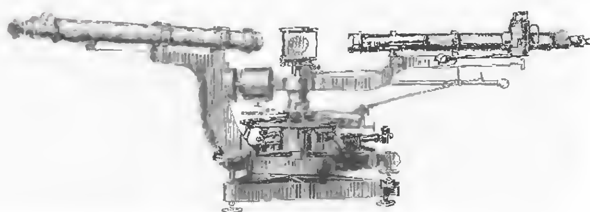
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ — СТЕРЖЕНЬ АСТРОФИЗИКИ

В 1802 г. английский физик Уильям Хайд Волла́стон (1766—1828), открывший годом ранее ультрафиолетовые лучи, построил спектроскоп, в котором впереди стеклянной призмы параллельно её ребру располагалась узкая щель. Наведя прибор на Солнце, он заметил, что солнечный спектр пересекают узкие тёмные линии.

Волластон тогда не понял смысла своего открытия и не придал ему особого значения. Через 12 лет, в 1814 г. немецкий физик Йозеф Фраунго́фер (1787—1826) вновь обнаружил в солнечном спектре тёмные линии, но в отличие от Волластона сумел правильно объяснить их поглощением лучей газами атмосферы Солнца. Используя явление дифракции света, он измерил длины волн наблюдаемых линий, которые получили с тех пор название *фраунгоферовых*.

В 1833 г. шотландский физик Дэвид Брю́стер (1781—1868), известный своими исследованиями поляризации света, обратил внимание на группу полос в солнечном спектре, интенсивность которых увеличивалась по мере того, как Солнце опускалось к горизонту. Прошло почти 30 лет, прежде чем в 1862 г. выдающийся французский астрофизик Пьер Жюль Сезар Жансе́н (1824—1907) дал им правильное объяснение: эти полосы, получившие название *теллурических* (от *лат.* telluris — «земля»), вызваны поглощением солнечных лучей газами земной атмосферы.

К середине XIX в. физики уже довольно хорошо изучили спектры светящихся газов. Так, было установлено, что свечение паров натрия порождает яркую жёлтую линию. Однако на том же месте в спектре Солнца



Призменный спектроскоп. XIX в.



ное значение, а вот для Альтаира (α Орла) его результат был точным: 0,181″ ± 0,094″ (современное значение 0,198″).

Очень тяжёлыми для Струве оказались годы с 1828 по 1834-й. Часто болели дети, от тифа умерли два сына и дочь, а в конце января 1834 г. скончалась от нервного истощения жена. Перед смертью она просила мужа найти для детей такую женщину, которая заменила бы им мать и сама назвала имя Иоганны Бартельс, своей подруги. В феврале 1835 г. состоялась их свадьба. Второй брак оказался более благополучным.

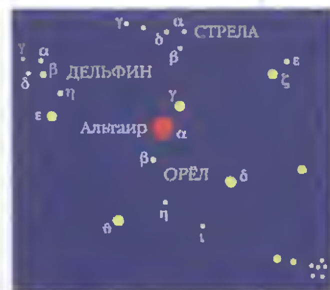
В последние годы работы в Дерптской обсерватории Струве возобновил исследования по определению звёздных параллаксов. Теперь он знал, что тригонометрический параллакс может быть измерен только у наиболее близких звёзд. Поэтому учёный указал ряд признаков, по которым можно судить об удалённости звезды. Во-первых, это видимый её блеск: как правило, чем ярче звезда, тем она ближе. Во-вторых, это собственное движение звезды: чем она более удалена, тем меньше должна быть угловая величина её собственного движения. В-третьих, в случае двойных звёзд можно учитывать угловое расстояние между компонентами: чем оно меньше, тем более удалена система. Струве добавлял к этому, что линейные размеры пары можно определить по периоду её обращения.

Учёный понимал, что отмеченные признаки справедливы в полной мере, только если допустить, что все звёзды имеют одинаковые светимости, скорости и массы.

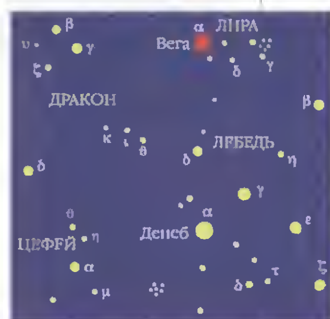
Струве не случайно остановил свой окончательный выбор на Веге. Для измерения он избрал метод относительного параллакса, предложенный ещё Галилеем. По счастливому совпадению рядом с Вегой всего в 43″ дуги от неё видна слабая, вероятно очень далёкая, звёздочка. Это оптическая, а не физическая пара. Вега, которая ярче и гораздо ближе к нам, имеет больший годичный параллакс, чем слабая звёздочка. Поэтому в течение года Вега должна смещаться относительно своей почти неподвижной визуальной соседки. Это угловое смещение и есть относительный параллакс и измерить его легче, чем определить абсолютный параллакс — изменение координат Веги в течение года относительно точки весеннего равноденствия.

Параллакс Веги, полученный Струве в 1837 г. (0,125″ ± 0,055″), совпадает с его современным значением: (0,121″±0,004″). В конце 1838 г. в Кёнигсберге Фридрих Вильгельм Бессель (1784—1864) получил параллакс звезды 61 Лебедя, оказавшийся наиболее точным. Вскоре английский астроном Томас Гендерсон (1798—1844) измерил параллакс, как впоследствии оказалось, одной из ближайших к Солнцу звёзд — α Кентавра. Струве опубликовал свой результат, к сожалению, только в 1839 г., т. е. на год позже сообщения Бесселя. По этой причине приоритет первого определения звёздного параллакса принадлежит всё-таки Бесселю.

Измеренные параллаксы трёх звёзд позволили оценить расстояния до них. Их, конечно, было ещё недостаточно для того, чтобы определить



Альтаир (α Орла) на звёздной карте.



Вега (α Лиры) на звёздной карте.



Экваториал Дерптской обсерватории.



спектр и отождествил наблюдаемые в нём полосы и линии. Он изучал спектры Солнца, звёзд, солнечных хромосферы и короны, а также полярных сияний.

Уильям Хёггинс (1824—1910) установил сходство спектров многих звёзд со спектром Солнца. Он показал, что свет испускается его раскалённой поверхностью, поглощаясь после этого газами солнечной атмосферы. Стало ясно, почему линии элементов в спектре Солнца и звёзд, как правило, тёмные, а не яркие. Хёггинс впервые получил и исследовал спектры газовых туманностей, состоящие из отдельных линий излучения. Это и доказало, что они газовые.

Хёггинс впервые изучил спектр новой звезды, а именно новой Северной Короны, вспыхнувшей в 1866 г., и обнаружил существование вокруг звезды расширяющейся газовой оболочки. Одним из первых он использовал для определения скоростей звёзд по лучу зрения принцип До́плера — Физо́ (его часто называют эффектом Доплера).

Незадолго до этого, в 1842 г., австрийский физик Кристиан Доплер (1803—1853) теоретически доказал, что частота звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, зависит от скорости приближения или удаления их источника. Высота тона гудка локомотива, например, резко меняется (в сторону понижения), когда приближающийся поезд проезжает мимо нас и начинает удаляться.



Эдуард Чарлз Пикеринг.

Выдающийся французский физик Арман Ипполит Луи Физо (1819–1896) в 1848 г. проверил это явление для лучей света в лаборатории. Он же предложил использовать его для определения скоростей звёзд по лучу зрения, так называемых *лучевых скоростей*, — по смещению спектральных линий к фиолетовому концу спектра (в случае приближения источника) или к красному (в случае его удаления). В 1868 г. Хёггинс таким способом измерил лучевую скорость Сириуса. Оказалось, что он приближается к Земле со скоростью примерно 8 км/с.

Последовательное применение принципа Доплера — Физо в астрономии привело к ряду замечательных открытий. В 1889 г. директор Гарвардской обсерватории (США) Эдуард Чарлз Пикеринг (1846—1919) обнаружил раздвоение линий в спектре Мицара — всем известной звезды 2-й звёздной величины в хвосте Большой Медведицы. Линии с определённым периодом то сдвигались, то раздвигались. Пикеринг понял, что это скорее всего тесная двойная система: её звёзды настолько близки друг к другу, что их нельзя различить ни в один телескоп. Однако спектральный анализ позволяет это сделать. Поскольку скорости обеих звёзд пары направлены в разные стороны, их можно определить, используя принцип Доплера – Физо (а также, конечно, и период обращения звёзд в системе).

В 1900 г. пулковский астроном Аристарх Аполлонович Белопольский (1854—1934) использовал этот принцип для определения скоростей и периодов вращения планет. Если поставить щель спектрографа вдоль экватора планеты, спектральные линии получат наклон (один край планеты к нам приближается, а другой – удаляется). Приложив этот метод к кольцам Сатурна, Белопольский доказал, что участки кольца обращаются вокруг планеты по законам Кеплера, а значит, состоят из множества отдельных, не связанных между собой мелких частиц, как это предполагали.



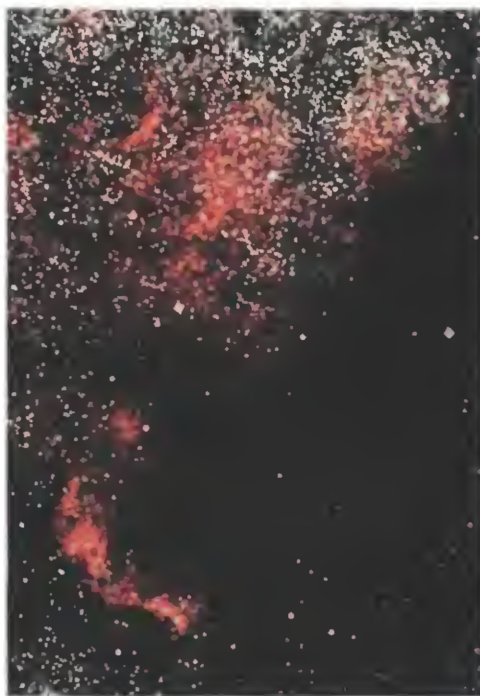
ся вблизи главной плоскости звёздной системы. Иначе говоря, явление Млечного Пути объясняется не только сплюснутостью звёздной системы, как это следовало из предположения У. Гершеля о равномерном распределении звёзд в пространстве, но и их реальной концентрацией к главной плоскости звёздной системы.

Струве определил, что средняя линия Млечного Пути образует на небесной сфере малый круг на угловом расстоянии 93°30′ от своего северного полюса. Из этого следует, что Солнце расположено выше главной плоскости звёздной системы. Найденное Струве смещение Солнца в современных единицах расстояний составляет 6 пк, что близко к принятому в настоящее время.

Струве совершил ещё одно важнейшее открытие. Он доказал, что свет поглощается в межзвёздном пространстве и оценил величину этого поглощения. Предположения о поглощении света в космическом пространстве высказывались задолго до Струве, например в 1744 г. Жаном Шезо́ (1718—1751). В 1826 г. немецкий астроном Генрих Ольберс этим эффектом пытался объяснить фотометрический парадокс (вывод о ярком свечении всего неба, если принять, что Вселенная бесконечна). Но Струве сделал своё заключение на основе наблюдений, сравнивая теоретическую проницающую силу телескопа с реальной, которая для наиболее слабых звёзд оказалась почти в три раза меньше. Он писал: «Я не вижу никакого другого объяснения, помимо допущения, что интенсивность света убывает быстрее, чем обратно пропорционально квадрату расстояния, что означает, что существует потеря света, ослабление при прохождении света через мировое пространство». Оценка поглощения, сделанная Струве, во многом согласуется с современными данными о поглощении вблизи галактической плоскости. Однако открытие учёного оказалось забытым. Лишь через 100 лет американский астроном Роберт Трюмплер вновь показал, что межзвёздное поглощение света существует.



▲ Яркая часть Млечного Пути.



◄ Газопылевая туманность Мексиканский залив.

В течение многих лет в зимние месяцы Струве читал популярные лекции по астрономии в Петербургском университете. Денежные сборы от них шли на благотворительные цели.

Струве умер 23 ноября 1864 г. — через три месяца после празднования 25-летнего юбилея Пулковской обсерватории. В Пулково он и похоронен.

В честь астрономов династии Струве малая планета 768 в 1913 г. названа Струвеаной. На Луне в Океане Бурь есть кратер, носящий имя Струве.



ФОТОЛАБОРАТОРИЯ В РУССКОЙ БАНЕ

Для наблюдения полного солнечного затмения 19 августа 1887 г. в Россию, в приволжский городок Юрьевец (недалеко от Нижнего Новгорода), приехал директор Потсдамской обсерватории профессор Герман Карл Фогель (1841—1907). Он намеревался сфотографировать красный участок спектра хромосферы и короны, который в то время невозможно было снять с помощью применявшихся с 1871 г. сухих броможелатиновых пластинок. Для этого Фогель изготовил специальную эмульсию на жидкой основе, вечером накануне затмения залил свои пластинки коллоидным слоем и поставил сушиться. И вдруг его соседи — участники экспедиции Московской обсерватории во главе с А. А. Белопольским — услышали крик отчаяния:

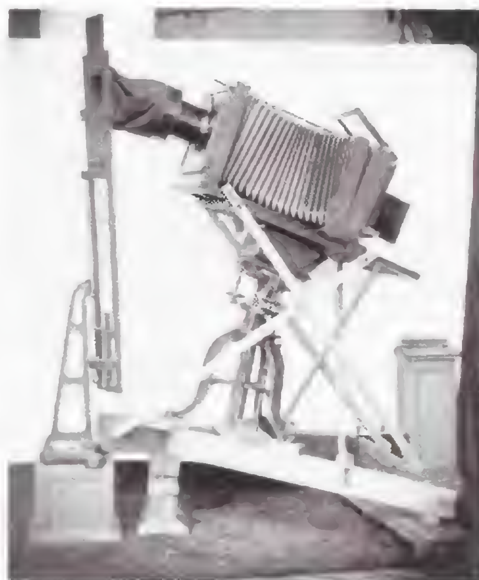
— Всё пропало! Мои пластинки погибли!

Это кричал Фогель. Он выставил свои пластинки в «фотолаборатории», которой ему послужила обыкновенная русская баня. Потолок её был присыпан землёй, которая от хлопанья дверьми осыпалась. Бедный Фогель никак не думал, что в помещении, где люди моются, земля может сыпаться с потолка. Всё же он вышел из положения — наблюдал спектр визуально.



▸ Луна и Венера на вечернем небе.

любитель Варре́н Деларю́ (1815—1889). Будучи владельцем бумажной фабрики, он на свои средства построил обсерваторию близ Лондона и хороший телескоп, с которым и проводил фотографирование. По его предложению Британская астрономическая ассоциация построила в Кью специальную обсерваторию и



Фотокамера А. О. Карелина, которой он снимал полное солнечное затмение 1887 г.

прибор для фотографирования Солнца — фотогелиограф.

В 1850 г. Уильям и Джордж Бонды, отец и сын, впервые сделали фотографию звезды (Веги). В 1872 г. Генри Дрэпером была получена её первая спектрограмма, на которой были видны линии поглощения. Фотография всё больше проникала в практику астрономических исследований. В 1891 г. с её помощью была открыта первая малая планета. Это была 323 Бруция. Постепенно совершенствовалась техника фотографирования, улучшались фотоматериалы. Для фотографирования стали доступны жёлтая, красная и инфракрасная области спектра.

* * *

Ещё в древности астрономы подразделяли звёзды по блеску на шесть классов — звёздных величин. Эта величина не имеет никакого отношения к размерам звезды, она характеризует только количество света. В 1857 г. английский астроном Норман Роберт По́гсон (1829—1891) предложил употребляемую и поныне шкалу звёздных величин, в которой разности в одну звёздную величину соответ-



рокие научные познания и литературный дар делали его желанным автором для каждого издательства. И он с энтузиазмом сотрудничал во многих журналах и газетах. Но главное — он писал всё новые научно-популярные книги: «Миры воображаемые и миры реальные» (1865 г.), «Небесные чудеса» (1865 г.), первый популярный учебник по астрономии, «История неба» (занимательная история астрономии, 1867 г.; книга в наше время переиздана на русском языке). Была издана целая серия его научно-популярных лекций «Этюды по астрономии» (к 1880 г. вышло девять томов).

Одновременно Фламмарион вёл собственные наблюдения с помощью небольшого телескопа с объективом диаметром 108 мм, сконструировал свой фотометр. Его научные интересы выходили далеко за пределы астрономии. Это были и метеорология, и проблема солнечно-земных связей. В 1867—1880 гг., исследуя воздушную оболочку Земли, Фламмарион совершил 12 полётов на воздушном шаре. В 1871 г. он выпустил интереснейшую книгу «Атмосфера (Популярная метеорология)».

И до Фламмариона были знаменитые астрономы, которые уделяли время и внимание популяризации знаний: Галилео Галилей, Иоганн Кеплер, Бернар Фонтенель, Жозеф Лаланд, Пьер Лаплас, Франсуа Араго. Никакая другая наука не была так щедро и талантливо преподана грамотным людям из уст её творцов, как астрономия. Однако Фламмарион был первым, кто возвёл популяризацию науки в ранг высокой просветительской миссии. Показать человеку красоту и закономерность Вселенной, его связь с Космосом — в этом Фламмарион видел свою главную цель. Он верил, что космическое мировосприятие поднимет души людей над мелкими заботами, уведёт от политических распрей, приводящих к кровавым драмам.

* * *

Считая, что познание всегда более эффективно, когда оно активно, Фламмарион уже с 1864 г. принялся за создание пособий для самостоятельных наблюдений любителями астрономии. В течение почти 60 лет он составлял и регулярно публиковал ежемесячные карты неба с указанием расположения планет. С 1866 г. Фламмарион проводил публичные ежемесячные астрономические конференции с лекциями на знаменитом



Парижская обсерватория.



Николя Камилл Фламмарион, 1862 г.









На трёх фотографиях двойной звезды Крюгер 60 (в левом верхнем углу), сделанных с промежутками в несколько лет, заметно перемещение одного компонента относительно другого.

университет, Эстония). В 15 лет Вильгельм поступил на его филологическое отделение, которое закончил досрочно, получив золотую медаль за сочинение об александрийских грамматиках. Но под влиянием физика Георга Паррота он начал интересоваться физико-математическими науками, и особенно астрономией.

В 20 лет Струве присвоили учёную степень магистра. Его диссертация была посвящена определению географического положения Дерптской университетской обсерватории, астрономом-наблюдателем которой он являлся. В том же году он стал профессором университета. Несмотря на это, ему самому пришлось устанавливать и испытывать новые астрономические инструменты. Он организовал на обсерватории научную работу и начал публиковать её труды — «Летописи». В 1818 г. Струве был назначен директором обсерватории и возглавил вновь созданную кафедру астрономии.

С 1819 г. Струве вёл наблюдения двойных и кратных звёзд, открытых Уильямом Гершелем. У этих звёзд в 1802 г. Гершель обнаружил обращение компонент (см. статью «Звёздные пáры»). В 1822 г. Струве опубликовал первый каталог двойных звёзд, который содержал сведения о 795 системах. Он был удостоен Золотой медали Лондонского королевского астрономического общества. В декабре 1826 г. Струве избрали почётным членом Петербургской Академии наук, а в 1832 — её действительным членом. В 1834 г. он получил права русского дворянина и звание действительного статского советника.



Дерптская обсерватория.

В 1825—1827 гг. Струве с помощью самого крупного в мире рефрактора Дерптской обсерватории с объективом диаметром 244 мм, изготовленным Йозефом Фраунгофером, провёл наблюдения 120 тыс. звёзд ярче 9-й звёздной величины. На каждую звезду Струве в среднем тратил 12 с. На основе этих наблюдений он опубликовал свой первый каталог 3112 двойных звёзд, которые систематизировал по группам в зависимости от углового расстояния между компонентами. В 1827 г. Струве был избран членом Лондонского королевского общества.

По мере наблюдений учёный публиковал новые каталоги в 1837 и 1852 гг. В предисловии к каталогу 1837 г. он писал о несомненном обращении спутника вокруг главной звезды в 58 пáрах. В описании каталога 1852 г. Струве вводит новый критерий физической двойственности звёзд. Двойные звёзды, у которых обе компоненты имеют близкие по величине и направлению собственные движения, можно считать физически двойными, даже если их период обращения слишком велик, чтобы его удалось заметить.

Десятилетиями Струве регулярно определял координаты избранных звёзд, чтобы по их изменению в течение года найти звёздные параллаксы. Это позволило ему сделать вывод, что у всех исследованных 19 звёзд абсолютный параллакс менее 1″, причём у значительного числа этих звёзд он существенно меньше 0,5″.

Это была первая точная оценка параллаксов звёзд в истории науки. В 1822 г. Струве сумел найти и индивидуальные параллаксы звёзд. Для Полярной звезды он получил ошибоч-



мок в Жювизи подарил Фламмариону некий Мере, домовладелец и садовод, которого захватила глубина философско-астрономических сочинений учёного. Главным инструментом «Небесной виллы» Фламмариона стал большой 24-сантиметровый рефрактор в башне с вращающимся куполом.

По астроклиматическим условиям обсерватория намного превосходила Парижскую, городскую. Научная библиотека Фламмариона, занимавшая весь второй этаж, была уникальной. Она насчитывала свыше 5 тыс. томов и включала редчайшие сочинения, начиная с Аристотеля и кончая новейшими изданиями.

В поисках проявления какого-либо «динамизма» на поверхности небесных тел Фламмарион вёл наблюдения Луны, Марса, Венеры, спутников Юпитера; ему посчастливилось наблюдать Новую Северной Короны 1866 г. и Новую Персея в 1901 г. Он систематически изучал двойные звёзды. Фламмарион уточнил параметры ряда двойных звёзд; открыл тройную систему ζ Рака с необычно далёким третьим членом; в 1877 г. установил существование нескольких совершенно новых, так называемых широких пар звёзд, двойственность в которых обнаруживается по одинаковому собственному движению в пространстве их компонент. В 1878 г. вышел главный научный труд Фламмариона — «Двойные звёзды. Каталог кратных звёзд с орбитальным движением». Он содержал все сведения, в том числе исторические, о 819 системах с несомненным орбитальным движением, почти 600 пар с подозреваемым и свыше 300 оптических пар. Каталог разошёлся почти мгновенно.

В 1876 г. Фламмарион первым обратил внимание на то, что внешний вид тёмных областей на Марсе изменяется. Под влиянием этих наблюдений Скиапарелли открыл в 1877 г. знаменитые «марсианские каналы», с которыми затем в течение трёх четвертей века было связано столько надежд и у самих учёных, и у фантастов! Обсерватория Фламмариона стала центром, куда стекалась информация от многочисленных наблюдателей этой планеты. К 1895 г. он установил более быстрое, чем на Земле, «таяние» марсианских полярных шапок. Для истории науки особенно ценно то, что Фламмарион собрал все известные наблюдения Марса с 1636 г. Они вошли в его двухтомный энциклопедический труд «Планета Марс и условия обитаемости на ней» (1892, 1909 гг.).

Солнце интересовало Фламмариона с точки зрения его влияния на



«Небесная вилла» в Жювизи.



Экваториал в обсерватории Жювизи.





Пулковская обсерватория. 1850 г.

средние расстояния до звёзд разных звёздных величин или групп звёзд с тем или иным собственным движением. Однако уже эти первые оценки расстояний до близких звёзд позволили составить представление о масштабах Вселенной. Это стало громадным научным достижением и положило начало новой эпохе в развитии астрономии.

* * *

В 1827 г. в России был поднят вопрос о строительстве крупной обсерватории. При участии Струве в Петербургской Академии наук был разработан проект и сделано заключение, что «наивыгоднейшим для сего предмета была бы вершина Пулковской горы по причине обширного горизонта, коим она обладает». Этот холм находился в 19 км к югу от города и имел высоту 75 м над уровнем моря.

В начале 1834 г. на строительство обсерватории было ассигновано 100 тыс. рублей и будущим её директором назначен В. Я. Струве. Открытие обсерватории состоялось 19 августа 1839 г. Она была оснащена самым крупным в мире телескопом-рефрактором с 30-дюймовым диаметром объектива (около 0,75 м).

Струве детально разработал программу астрономических наблюдений. Он планировал определить собственные движения звёзд и расстояния до них. Помимо этого Струве проводил наблюдения двойных звёзд, составил каталог околополярных звёзд до 4-й величины и большую роспись звёзд до 7-й и осуществил другие исследования. Кроме тщательного исследования погрешностей инструментов было необходимо заново определить значения астрономических постоянных.

В 1840—1842 гг. Струве с помощью сконструированного им самим пассажного инструмента произвёл наблюдения семи близких к зениту звёзд. В первые же годы существования обсерватории он организовал наблюдения положений всех звёзд северного неба до 7-й звёздной величины. В этой работе ему помогали Егор Николаевич Фусс (1806—1854) и Андрей Петрович Шидловский (1818—1892). На основе собранного материала был подготовлен каталог положений 17 тыс. звёзд, изданный в 1843 г.

Система астрономических постоянных, полученная в Пулково, стала самой точной и общепринятой в науке XIX — начала XX в. Данные каталога позволили выявить некоторые закономерности в распределении звёзд. Выводы, сделанные Струве в области звёздной астрономии, собраны в его главном труде — «Этюды звёздной астрономии» (1847 г.). Учёный впервые указал на то, что плотность распределения звёзд увеличивается по мере приближения к средней линии Млечного Пути, потому что пространственная звёздная плотность увеличивает-



Пулковский меридиан.



инфракрасной, ультрафиолетовой и гамма-астрономии привело к такому потоку открытий (пульсары, квазары, радиогалактики, межзвёздные молекулы, протозвёзды, нейтронные звёзды, чёрные дыры...), что на несколько десятилетий оптическая астрономия отошла на второй план.

Но вскоре и оптическая астрономия совершила рывок. В местах с наиболее прозрачной и спокойной атмосферой — на островах и горных вершинах — были построены новые телескопы с зеркалами диаметром 4—10 м. Появились новые *электронные приёмники света: фотоэлектронные умножители* (ФЭУ), электронно-оптические преобразователи (ЭОП), полупроводниковые приборы с зарядовой связью (ПЗС-матрицы). Были созданы новые приборы для спектральных исследований: эталон Фабри — Перо, *гризма* — комбинация призмы и дифракционной решётки, автокорреляционный спектрограф и др. Наконец, в 1990 г. на орбиту был выведен крупный оптический телескоп — Хаббловский космический телескоп. А сейчас создаются наземные телескопы с зеркалами управляемой формы, которые почти не уступают по качеству изображений Хаббловскому, но крупнее него и значительно дешевле.

К сожалению, обсерватории распределены по поверхности Земли неравномерно: большинство находится в Северном полушарии. Южное небо изучено не так подробно, как северное, и астрономы поэтому

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕННЫЕ РАССТОЯНИЯ

Дата	до XVII в.	1650 г.	1840 г.	1910 г.	1960 г.	1990 г.
Астрономия	$4 \cdot 10^5$ км	10 а. е.	1 пк	1 Мпк	100 Мпк	3000 Мпк
Физика	10^{-2} см	10^{-4} см	10^{-8} см	10^{-12} см	10^{-13} см	10^{-15} см





Европейская Южная обсерватория в Чили (слева) и строящийся для неё 8,2-метровый телескоп.



НИКОЛЯ КАМИЛЛ ФЛАММАРИОН

На своём 70-летнем юбилее Камилл Фламмарион так выразил идею, которая вела его всю жизнь: «Я рассматриваю и почитаю астрономию как науку о живой Вселенной. Вселенная — это не инертные планетарные глыбы, бесполезно катящиеся в пространстве, это не сверкающие точки звёзд, всю ценность которых составляли бы их геометрические координаты; это миры, средоточия жизни — настоящей, прошедшей или будущей (ведь время не имеет смысла для вечности); это очаги энергии, света, чудесных животворных излучений Земли, небес и солнца Бесконечности, это гимн всемирной жизни, исполненный всей Природой в целом...».

* * *

Николя Камилл Фламмарион родился 26 февраля 1842 г. в небольшом французском городке Монтиньи-ле-Руа в семье небогатого земледельца и был старшим из четверых детей. В четыре года он уже бегло читал и помнил наизусть многие страницы Евангелия. Частное солнечное затмение поразило восьмилетнего мальчика. Он попросил разъяснений у учителя и получил свою первую книжку по астрономии. Он мало что понял, но навсегда проникся уважением к знатокам неба, уже в древности умевшим предсказывать небесные явления.



Николя Камилл Фламмарион.

Жизнь рано заставила Камилла зарабатывать деньги. Занимаясь самообразованием, он экономил на еде, чтобы покупать новые книги. Крайнее переутомление и истощение едва не свели его в могилу в 16 лет. Спасло Камилла участие со стороны молодого врача Фурнье, увидевшего у пациента 500-страничную рукопись астрономического содержания и убедившегося в его солидных познаниях. Благодаря его хлопотам Камилл был принят астрономом-вычислителем в Парижскую обсерваторию, которую возглавлял тогда знаменитый Урбе́н Леверье́. За недолгое пребывание там Фламмарион сдал экзамены на степень бакалавра, а также написал и сумел напечатать большой труд — книгу «Многочисленность обитаемых миров», имевшую огромный успех во всём мире.

Однако на обсерватории отношение оказалось другим. Фламмарион был... уволен Леверье за деятельность, «недостойную звания учёного», пусть даже в свободное от работы время. Недаром наше слово «популяризация» переводится на французский язык как «вульгаризация». Леверье, известный всему Парижу своим раздражительным характером, вызвал к себе юного писателя, нарушившего субординацию и отклонившегося от строгой стези астронома-вычислителя, и холодно сказал ему: «Я вижу, месье, что Вы не стремитесь остаться здесь... Нет ничего проще, Вы можете удалиться...». Спустя 14 лет Леверье вновь пригласил его, уже известного писателя и исследователя, и на шесть лет он вновь стал сотрудником Парижской обсерватории.

Неожиданный поворот событий принёс Фламмариону свободу для творческой деятельности. Его ши-



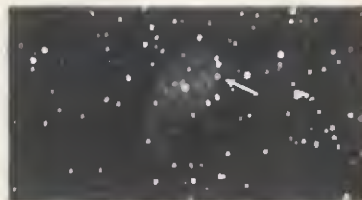
БОЛЬШАЯ ВСЕЛЕННАЯ

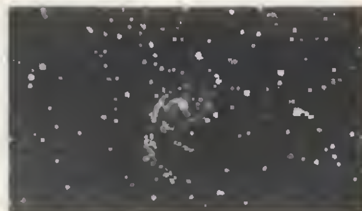
В 20-е гг. стало ясно: спиральные туманности — вовсе не туманности, а далёкие звёздные системы. В 1917 г. Дж. Ричи (1864—1945) и Г. Кертис (1872—1942) обнаружили в них вспышки новых звёзд. В 1924 г. Эдвин Хаббл (1889—1954) и Дж. Ричи разложили на звёзды спиральные рукава туманностей в Андромеде и Треугольнике и обнаружили в них цефеиды. По блеску цефеид было установлено, что эти «внегалактические туманности» в несколько раз дальше от нас, чем поперечник системы Млечного Пути (нашей Галактики). Эти системы стали по аналогии с нашей называть галактиками.

В 1963 г. были открыты квазары — точечные источники весьма мощного радиоизлучения. Оказалось, что они расположены на рекордных расстояниях от нас — дальше самых далёких галактик.

Ещё в 1912 г. В. Слайфер (1879—1969), американский астроном, обнаружил в спектрах далёких галактик смещение линий к красному концу. В 1929 г. Э. Хаббл установил, что величина красного смещения пропорциональна расстоянию до галактик. Это означало, что вся система галактик расширяется. Появилась теория расширяющейся Вселенной, согласно которой наша Вселенная возникла из сверхплотного состояния в ходе грандиозного взрыва и её расширение продолжается и в наше время.

В 1922—1924 гг. российский учёный А. А. Фридман (1888—1925), основываясь на уравнениях общей теории относительности Эйнштейна, доказал, что одним из решений этих уравнений является расширение Вселенной. Создание концепции строения и эволюции Вселенной требовало подробного анализа начальной стадии расширения. Над этим работали многие учёные, в том числе российские астрофизики Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, Р. Я. Сюняев и др.





Новая звезда в галактике NGC 6946, обнаруженная Ричи в 1917 г. Внизу — снимок до вспышки, вверху — снимок 1933 г.

координирует совместное изучение единого для всех звёздного неба. Сотрудничество астрономов разных стран особенно усилилось в последнее десятилетие благодаря компьютерным сетям.

Несмотря на малое число исследователей, астрономия требует изрядных затрат на строительство крупных телескопов, почти не уступающих по размерам и стоимости таким гигантским «игрушкам» физиков, как ядерные реакторы и ускорители частиц. Поэтому реальный потенциал астрономии в каждой стране определяется не столько количеством учёных, сколько в значительной мере их технической оснащённостью, количеством телескопов и суммарной площадью их объективов.



Хаббловский космический телескоп.

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

Когда посетители знаменитого учёного видели в его домашнем кабинете небольшой телескоп, они не могли не спросить, для чего он предназначен. Эйнштейн обычно отвечал: «Нет, это не для звёзд. Телескоп принадлежал бакалейщику, ранее жившему здесь. Приятная вещь. Я его берегу, как игрушку». Конечно, Эйнштейну доводилось бывать на крупнейших обсерваториях мира и видеть лучшие телескопы, но его «инструментом» было теоретическое мышление, а не астрономическая труба.

Альберт Эйнштейн — один из величайших мыслителей всех времён. С его именем связано завершение строительства здания классической физики, начатого Галилеем и Ньютоном, и в то же время революционный переворот в представлениях о пространстве, времени и тяготении. «Идеи Эйнштейна дали физической науке импульс, который освободил её от



Космическая станция «Мир».



НАВСТРЕЧУ ОБИТАЕМЫМ МИРАМ

По ночам, наедине с природой, под сводом беспредельного звёздного неба наша душа погружается в молчаливое созерцание. Тысячи звёзд, рассеянных по необъятному пространству Вселенной, льют на нашу Землю мягкое сияние. Мысль о бесконечности всецело захватывает нас, заслоняет собой всё земное и уносит к далёким мирам, недоступным для слабого человеческого взора. Словно погружённые в сон, мы глядим на сверкающие алмазы, дрожащие среди синевы ночного неба. Мы следим за падающими звёздами, проносящимися время от времени по эфиру. Вместе с ними мы углубляемся в неизмеримые бездны, переносясь от одного мира к другому в беспредельном пространстве Вселенной.

Но восхищение, вызванное в нас поразительной картиной природы, скоро сменяется чувством печали, потому что мы сознаём, насколько мы чужды далёким мирам, не способным создать в нашей душе тех жизненных впечатлений, которые привязывают нас к нашей земле. Мы смутно чувствуем бесконечность, и это чувство рождает в нас задумчивость и восхищение. Звёзды висят в пространстве, как жилища, погружённые в вечное молчание и совершающие вдали от нас свой неведомый нам жизненный путь. Они влекут к себе наши мысли, как бездна, но они ревниво хранят тайну своего существования.

Из своей тьмы мы глядим в бесконечность величественной и таинственной Вселенной и чувствуем желание заселить все эти миры; нам страстно хочется, чтобы в этом пустынном и безмолвном пространстве наш вопрошающий взгляд встретился с другим взглядом, который принёс бы ему ответ на его немой вопрос. Так отважный мореплаватель долго проникает в таинственную даль океана, чтобы наконец открыть Новый свет, уже существовавший много тысячелетий.

(По книге Камилла Фламмариона «Многочисленность обитаемых миров».)



Терраса обсерватории в Жювизи.

бульваре Капуцинов, а позднее и в стенах Парижской обсерватории.

Фламмарион объездил с лекциями многие города Франции и страны Европы. Последний раз он выступил уже с «радиоастрономической», как выразился учёный, лекцией 26 ноября 1924 г. — перед микрофоном, установленным в его кабинете в Жювизи и соединённым с радиостанцией в Париже.

Даже возвратившись в 1876 г. на Парижскую обсерваторию, Фламмарион видел свою главную цель именно в популяризации и литературной деятельности. Всемирную славу ему принесла «Популярная астрономия» (первое издание вышло в 1879 г.). Это был величайший труд Фламмариона. Благодаря этой умной и обстоятельной книге, впервые щедро иллюстрированной, появились миллионы новых любителей астрономии, тысячи энтузиастов-наблюдателей. Сочинение выдержало 100 изданий и было переведено почти на все языки мира. Специальной премией его отметила Парижская академия наук. Эта книга, как и большинство других сочинений Фламмариона, была переведена и на русский язык. Первое русское издание его «Популярной астрономии» появилось в 1897 г. под названием «Живописная астрономия». Книги о науке стареют быстро. Последнее издание «Популярной астрономии» вышло на русском в 1940 г. стараниями нашего «российского Фламмариона» Б. А. Воронцова-Вельяминова. Он исправил и дополнил её и тем продлил жизнь любимой книге своего детства.

Следом за «Популярной астрономией» как её наблюдательное продолжение вышла книга «Звёздное небо и его чудеса» — обзор всего неба: звезда за звездой, созвездие за созвездием. Эта книга до сих пор остаётся прекрасным путеводителем по небу.

* * *

Фламмарион никогда не прекращал работу астронома-наблюдателя. Парижскую обсерваторию он оставил в 1882 г., когда неожиданно получил возможность создать свою обсерваторию в замке близ Парижа. Целый за-



политехническое училище в Цюрихе, известное своим высоким уровнем преподавания в области естественных наук. Однако он не сдал вступительные экзамены. Несмотря на обширные познания в области математики и физики, Эйнштейн провалился на экзаменах по иностранным языкам и истории.

По совету ректора Политехникума Альберт поступил в выпускной класс кантональной школы в Аарау. Какой разительный контраст почувствовал он по сравнению с немецкой гимназией! «Эта школа произвела на меня неизгладимое впечатление своим либеральным духом, а также скромностью и серьёзностью педагогов, которым помогал в работе подлинный, а не дутый авторитет. Сравнение с шестилетним пребыванием в немецкой гимназии, где царила авторитарность, отчётливо показало мне, насколько воспитание, основанное на свободе действий и чувства ответственности перед самим собой, совершеннее воспитания, строящегося на муштре, дутом авторитете и честолюбии. Демократия — не пустой звук».

Именно тогда, в школе Аарау, Эйнштейн стал задумываться над вопросами физики, которые впоследствии привели его к созданию специальной теории относительности. Именно тогда, говоря его же словами, он проверял свои умозаключения в «первом детском мысленном эксперименте»: «Что случилось бы, если бы мы могли следовать за световым лучом со скоростью света? Не оказалось бы тогда перед нами застывшее, „не зависящее от времени волновое поле“».

Эйнштейн твёрдо решил стать преподавателем физики и, сдав в школе выпускные экзамены, в октябре 1896 г. был принят в Политехникум. Здесь Альберт Эйнштейн учился у таких выдающихся математиков, как Адольф Гурвиц и Герман Минковский.

Нельзя не сказать ещё об одном увлечении Эйнштейна — музыке. Он охотно участвовал и в домашнем музицировании, и в любительских концертах. В студенческие годы он стал хорошим скрипачом. Он играл Генделя и Брамса, Шумана и Шуберта, но его любимыми композиторами всегда оставались Бах и Моцарт. Именно в их произведениях его покоряла та прозрачность и гармония, которую он искал, строя свои теории Вселенной.

* * *

Летом 1900 г. Эйнштейн сдал экзамены на получение диплома преподавателя физики. Оценки были не слишком высокими, так что ему не удалось получить место ассистента и вместе с ним — возможность заниматься столь заманчивой для него научной работой. Только через два года по рекомендации друзей он получил постоянную работу экспертом федерального патентного бюро в Берне. Эйнштейн проработал там с 1902 по 1909 г. Он считал это время самым счастливым и плодотворным периодом своей жизни: служебные обязанности оставляли ему достаточно времени для размышлений над научными проблемами.

Наиболее удачным оказался для Эйнштейна 1905 год. В течение него 26-летний физик опубликовал в журнале «Анналы физики» (*нем.* Annalen der Physik) пять статей, которые представляли собой подлинные шедевры научной мысли.

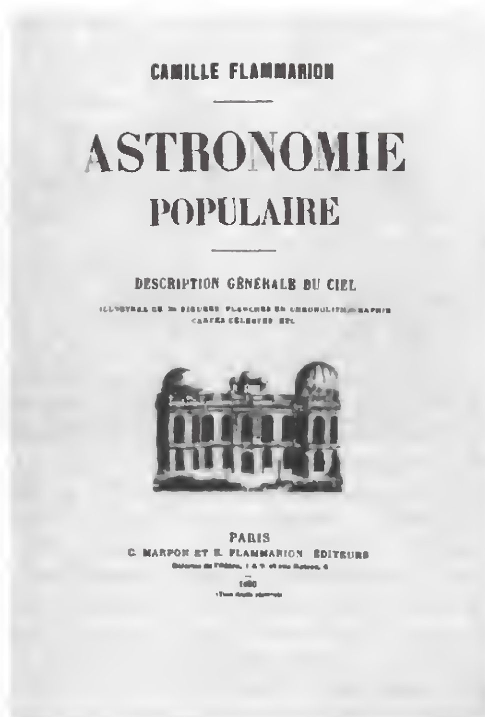


Эйнштейн во время учёбы в Аарау. 1896 г.



Эйнштейн — служащий в Берне. 1905 г.




CAMILLE FLAMMARION

ASTRONOMIE POPULAIRE

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU CIEL

PARIS
C. MARPON ET E. FLAMMARION ÉDITEURS

Титульный лист книги Н. К. Фламмариона «Популярная астрономия».

Землю. Он изучал рост растений и некоторых живых организмов при освещении их в разных диапазонах солнечного спектра, собрал огромный документальный материал о наблюдениях в Париже аномальных магнитных явлений (начиная с 1541 г.), проводил статистические исследования метеорологических явлений (дождливости в разные эпохи, появления молний), накопил около 1500 фотографий радуг, гало́, облаков и других атмосферных явлений. Работы Фламмариона стимулировали проведение новых исследований. Своей идее «живой Вселенной» он остался верен до конца. Не поколебали его и первые серьёзные опровержения реальности «марсианских каналов», высказанные Эженом Антониади (1870—1944). Наблюдая Марс в эпоху великих противостояний в 1893 г. (на «Небесной вилле» Фламмариона) и в 1909 г. (на Медонской обсерватории), Антониади пришёл к выводу, что «каналы» Марса — обман зрения, вызванный цепочками каких-то небольших пятен разного размера.

Н. К. Фламмарион с женой в библиотеке обсерватории Жювизи.



* * *

В предисловии к очередному выпуску журнала «Астрономия» за 1924 г. Фламмарион писал о необходимости широкого астрономического образования. Он утверждал, что мировая катастрофа 1914—1918 гг. с её бессмысленными жертвами среди прочих причин имела и ту, что человечество в массе своей не осознаёт, где оно обитает, какое место занимает во Вселенной. «Современным народам, — писал Фламмарион в «Популярной астрономии», — вместо того, чтобы соперничать между собой в изготовлении пушек... не лучше ли было... хотя сотую часть этих средств посвятить на опыты, имеющие целью открыть нам дивные тайны природы...»

Ещё в 1879 г. Фламмарион высказал три своих заветных желания: создать народную обсерваторию, доступную всем любителям; учредить печатный орган, достаточно серьёзный, но доступный и любителям, и объединить единомышленников-энтузиастов в одну большую «астрономическую семью» — создать Астрономическое общество. Все три задачи он выполнил. В 1882 г. он основал ныне широко известный журнал «Астрономия» (L'Astronomie); в 1887 г. им было создано Французское астрономическое общество. Наконец, в 1892 г. на свои средства Фламмарион открыл в Париже народную обсерваторию



полняются уравнения электромагнитного поля).

Скорость света *c* выступает как недостижимый предел скоростей для всех процессов, сопровождающихся передачей информации.

Статья «Зависит ли инерция тела от содержания в нём энергии?» завершает создание релятивистской (от *лат.* relativus — «относительный») теории. Здесь впервые была доказана связь между массой и энергией, в современных обозначениях — $E = mc^2$. Эйнштейн писал: «...если тело отдаёт энергию E в виде излучения, то его масса уменьшается на E/c^2... Масса тела есть мера содержащейся в нём энергии».

Это открытие вышло за пределы физики, техники и философии и до сегодняшнего дня косвенно определяет судьбу человечества. Ведь атомная энергия — это не что иное, как превратившаяся в энергию масса.

* * *

Появление столь эпохальных работ не принесло Эйнштейну быстрого признания. И хотя с ним переписывались и встречались такие известные учёные, как Макс Планк и Вильгельм Вин, Арнольд Зоммерфельд и Макс Борн, он всё ещё вынужден был продолжать работать в патентном бюро. Только весной 1909 г. Эйнштейна избрали профессором теоретической физики в цюрихском Политехникуме, и он смог уйти из бюро.

Растущее признание Эйнштейна выразилось, наконец, в избрании его членом Прусской академии наук в 1913 г. Он приехал в Берлин в начале 1914 г. Здесь Эйнштейн получил исключительно благоприятные условия для продолжения своей научной работы. Казалось бы, всё складывалось как нельзя благополучно, но через четыре месяца началась Первая мировая война. Шовинистический угар охватил и научные круги Германии. Однако Эйнштейн отказался подписать проникнутый духом лживого «патриотизма» манифест, под которым стояла подпись великого Планка. Во время войны учёный неизменно выступал с позиции последовательного

СКОРОСТЬ, КОТОРАЯ НЕ МЕНЯЕТСЯ

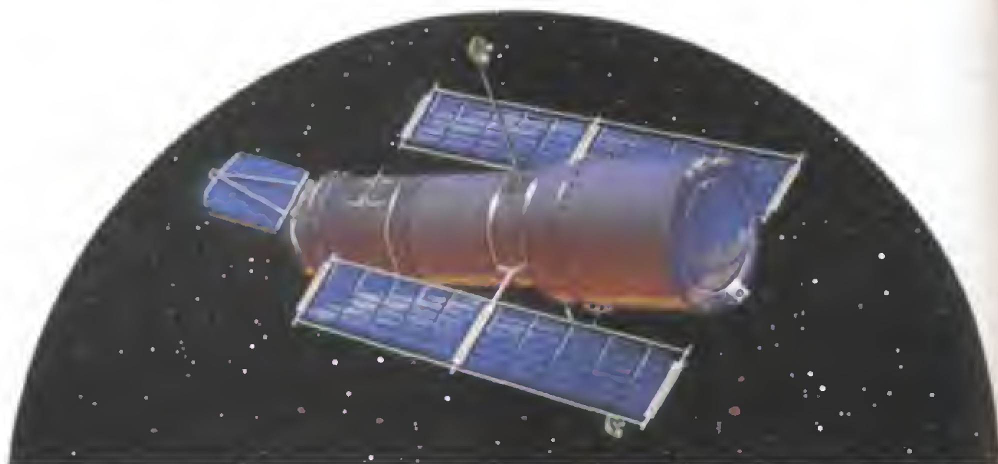
Скромная по своему тону статья Эйнштейна «К электродинамике...» даже сегодня, когда её идеи стали привычными и даже догмой, поражает каким-то внутренним величием. Эйнштейн не только создал новую теорию, он научил человечество мыслить по-новому — более гибко и парадоксально; это был вообше его стиль, стиль Эйнштейна — работать на стыке совершенно несовместимых между собой идей и добиваться их синтеза. В то время как его коллеги отстаивали одну из этих идей, Эйнштейн умел видеть, что несовместимость идей заложена не в них самих, а в привычной картине мира, незаметно присутствовавшей во всех рассуждениях. А значит, синтез идей возможен, но он требует отказа от старой картины мира и создания новой — шаг поразительный по своей неординарности и интеллектуальной смелости.

К моменту создания СТО научное сообщество было поставлено перед неприятной необходимостью жертвовать одним из двух своих великих достижений. Галилей, с одной стороны, в тяжёлой борьбе с аристотелевским мировоззрением утвердил идею относительности: у Вселенной нет центра, её можно описывать из любой свободно движущейся системы отсчёта. Максвелл, с другой стороны, завершил усилия нескольких поколений учёных открытием уравнений электромагнитного поля. В них вошла новая постоянная *c* — скорость распространения этого поля, скорость света. Здесь-то и начались проблемы. Как может скорость света быть универсальной константой, если ясно, что свет должен иметь различную скорость для разных наблюдателей? Ведь для тех, кто движется ему навстречу, его скорость должна быть больше, а для тех, кто догоняет — меньше.

Единственный выход, который видели тогда физики, был в том, чтобы пожертвовать принципом относительности, как бы совершить шаг назад, к Аристотелю. Они приняли, что уравнения Максвелла относятся лишь к одной особой системе отсчёта, в которой покоится особая невидимая субстанция — эфир. Вместо неподвижной Земли появился неподвижный эфир. Свет рассматривался как колебания этого эфира. И как гром среди ясного неба, грянул результат опыта Майкельсона — Морли, который должен был обнаружить эфир, а свидетельствовал о его отсутствии.

Эйнштейн подошёл к делу с совершенно другой стороны. Он увидел, что сохранить достижения своих великих предшественников можно. Для этого, однако, нужно подвергнуть ревизии то, что до него считалось очевидным и потому незыблемым — пространство и время. Эйнштейн доказал, что наше представление о пространстве и времени содержит в себе неявные и ничем не подтверждённые допущения (например, время течёт одинаково во всех системах отсчёта). Как следствие, оказался неверным закон сложения скоростей, к которому мы привыкли, и скорость света действительно одинакова — приближаемся ли мы к его источнику или удаляемся от него. Если к скорости света что-нибудь прибавить, получается опять та же самая скорость света!



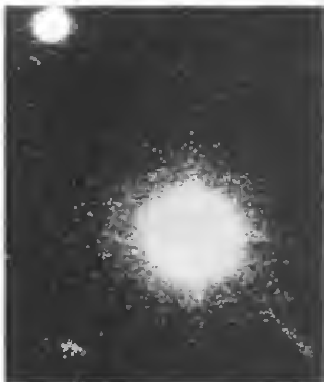


АСТРОНОМИЯ XX ВЕКА

Значит ли это, что наступило время, когда, выражаясь языком поэта, «как будто не все пересчитаны звёзды, как будто наш мир не открыт до конца»? Просто самая древняя из наук прошла через свою непомерно затянувшуюся юность и вступила в зрелый период.

И. С. Шкловский

Рентгеновский снимок квазара 3С 273 (справа) и одного из самых далёких квазаров (слева вверху), удалённого на 10 млрд световых лет.



Двадцатый век для астрономии означает нечто большее, чем просто очередные сто лет. Именно в XX столетии узнали физическую природу звёзд и разгадали тайну их рождения, изучили мир галактик и почти полностью восстановили историю Вселенной, посетили соседние планеты и обнаружили иные планетные системы.

Умея в начале века измерять расстояния лишь до ближайших звёзд, в конце столетия астрономы «дотянулись» почти до границ Вселенной. Но до сих пор измерение расстояний остаётся большой проблемой астрономии. Мало «дотянуться», необходимо точно определить расстояние до самых далёких объектов; только так мы узнаем их истинные характеристики, физическую природу и историю.

Успехи астрономии в XX в. были тесно связаны с революцией в физике. При создании и проверке теории относительности и квантовой теории атома использовались астрономические данные. С другой стороны, прогресс в физике обогатил астрономию новыми методами и возможностями.

XIX век оставил в наследство XX веку два великих изобретения — фотографию и спектральный анализ. В астрономии это привело к рождению новой ветви — астрофизики, развившей за первую половину столетия искусство анализа света до высочайшей степени. XX век сделал астрономию всеволновой.

К 1950 г. благодаря фотопластинке и спектроскопу была разгадана природа звёзд и галактик, открыто расширение Вселенной. Пока астрономы с увлечением использовали и развивали оптические приборы, физики и инженеры делали первые шаги в электронике и космической технике, подготавливая условия для новой революции в астрономии. Рождение наземной радиоастрономии и внеатмосферной рентгеновской,



нью 1932 г. он выехал в США, это оказалось окончательным прощанием с родиной.

В январе 1933 г. к власти пришёл Гитлер. Нацисты планировали исключить еврея Эйнштейна из Прусской академии наук. Своим заявлением о выходе из Академии от 28 марта 1933 г. Эйнштейн разрушил этот план. Учёный отказался от германского гражданства и вынужден был поселиться в США. Он стал постоянным сотрудником Института высших исследований (*англ.* Institute for Advanced Study) в Принстоне. В тот период своей научной деятельности он пытался создать единую теорию поля, т. е. теорию, которая объединила бы все существующие физические поля. Долгие годы он продолжал упорно работать, но уровень развития физики в то время не позволил продвинуться так далеко. Сам Эйнштейн говорил о своей теории как о незавершённой.

Живя в Америке, Эйнштейн пристально следил за развитием политической ситуации в Европе. Открытие деления ядра урана его встревожило. В письме, которое 11 октября 1939 г. было передано Президенту США Рузвельту, Эйнштейн обратил внимание на реальную возможность создания ядерного оружия. По его мнению, США должны были как можно скорее создать атомную бомбу, чтобы исключить возможную монополию на её обладание фашистской Германией. Через несколько лет, однако, Эйнштейн решительно осудил американское правительство, когда на японские города Хиросиму и Нагасаки были сброшены атомные бомбы. Незадолго до смерти Альберт Эйнштейн и философ Бертран Рассел обратились с воззванием к правительствам великих держав, в котором они предостерегали человечество от самоуничтожения в атомной войне.

Альберт Эйнштейн скончался в Принстоне 18 апреля 1955 г.

Пожалуй, будет не вполне правильным сказать, что он жил и работал в XX веке. Скорее, наоборот, XX век останется в истории как век, в котором жил Эйнштейна.

ПРОВЕРКА ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Для проверки правильности ОТО Эйнштейн указал на три её возможных следствия. Во-первых, должно наблюдаться дополнительное смещение перигелия Меркурия. Это смещение на 43″ в столетие было открыто ещё Урбеном Леверье, но не находило объяснения в классической физике. Из ОТО без всяких дополнительных предположений вытекает наблюдаемое значение смещения. Во-вторых, должно наблюдаться искривление световых лучей в гравитационном поле Солнца. Это предсказание подтвердилось во время солнечного затмения в 1919 г. В-третьих, должно наблюдаться так называемое релятивистское красное смещение. Сильное гравитационное поле (например, у поверхности очень плотных звёзд — белых карликов и др.) должно уменьшать частоту колебаний световых волн, т. е. увеличивать их длину волны, смещая тем самым спектральные линии в красную сторону. Наблюдения спутника Сириуса, являющегося очень плотной звездой, подтвердили существование этого эффекта. Ещё нагляднее подтвердили правильность ОТО нейтронные звёзды, открытые позднее.

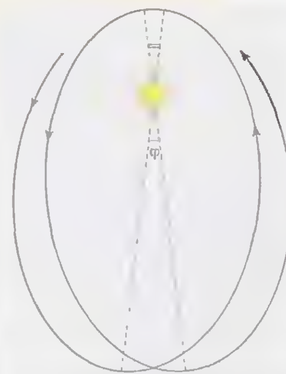


Схема смещения перигелия Меркурия.

АРТУР СТЭНЛИ ЭДДИНГТОН

Согласившись на предложение Королевского астронома сэра Уильяма Кристи занять должность главного ассистента в Гринвичской обсерватории, Эддингтон писал матери: «Моя работа будет главным образом в дневное время, но особенно в течение первого года моей работы я буду наблюдать по ночам — хорошее занятие для того, чтобы в совершенстве понять инструменты».

Большая наблюдательная практика, приобретённая Эддингтоном, позволила ему прекрасно ориентироваться в достоверности наблюдательного материала, развила у него сильную интуицию при отборе и интерпретации полученных данных. Астроном Божьей милостью, Эддингтон был и выдающимся физиком-теоретиком. Нобелевский лауреат С. Чандрасекар поведал об анекдотическом случае:



РАЗГАДКА ТАЙНЫ ЗВЁЗД

«Отцом» теоретической астрофизики был немецкий астроном Карл Шварцшильд (1873—1916). В 1906 г. он построил теорию переноса лучистой энергии веществом звезды. В то время источник энергии Солнца и звёзд не был ещё известен, но было известно, сколько энергии вырабатывается в недрах Солнца. Измерены были также наружная температура и радиус Солнца.

Однако Шварцшильду хватило этих данных, чтобы построить систему уравнений, описывавших перенос лучистой энергии из недр Солнца наружу, к его внешним слоям. Решение этих уравнений дало возможность вычислить температуру каждого слоя внутри Солнца. Зная её и учитывая силы взаимного тяготения частиц солнечного вещества, можно было рассчитать и изменение его плотности с глубиной.

Проблема эволюции звёзд порождала острые дискуссии, особенно усилившиеся к середине века. Выдвинутая в 20-е гг. гипотеза эволюции звёзд предполагала, что все они проходят один и тот же путь эволюции, а мы наблюдаем их на разных этапах. Считалось, что в ходе развития звезда теряет значительную массу, проходя последовательно стадии: красный гигант — жёлтый гигант — жёлтый карлик — красный карлик. Но уже открытые в начале века белые карлики — звёзды весьма малых размеров, но с чудовищной плотностью — не укладывались в эту схему.

В 1934 г. эстонский астрофизик Эрнст Эпик (1893—1985) высказал идею о том, что жизненный путь звёзд разной массы должен быть различен. Эта идея получила всеобщее признание не скоро — лишь в 50-е гг.

Важнейшей проблемой теории внутреннего строения звёзд была проблема источников звёздной энергии. Звёзды расходуют в виде излучения громадные количества энергии. В то же время ещё в начале века было известно, что срок их жизни измеряется миллиардами лет. За счёт чего же живёт и излучает звезда?

Источник звёздной энергии был предсказан Артуром Эддингтоном и найден в 1938 г. благодаря исследованиям немецкого физика Ханса Бете. Он перебрал все возможные источники энергии и остановился на двух ядерных реакциях. Обе они приводили к превращению самого распространённого элемента Вселенной — водорода — во второй по распространённости элемент — гелий, как при взрыве водородной бомбы.

Открытие источника звёздной энергии дало начало исследованиям термоядерных реакций в недрах звёзд. Были выявлены условия, при которых они могут протекать (температура, давление). Удалось доказать, что гелий не конечный продукт этих реакций, что и он может выгорать, превращаясь в более тяжёлые элементы — углерод, азот, кислород.

Общая теория эволюции звёзд включая конечные стадии их жизни (белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры) создана работами многих теоретиков.



Радиотелескоп.

стараются сооружать новые обсерватории в Южном полушарии или вблизи экватора. Например, крупные международные обсерватории созданы в Чили, Австралии, на Гавайских и Канарских островах. Планируется строительство обсерватории в Антарктиде, откуда можно будет полгода непрерывно следить за Солнцем. Первые небольшие обсерватории там уже работают.

Не секрет, что быстрый рост числа учёных в XX в. был вызван потребностями техники, в основном военной. Но астрономия не так необходима для развития техники, как физика, химия, геология. Поэтому даже сейчас, в конце XX в., профессиональных астрономов в мире не так уж и много — всего около 10 тыс. Не связанные условиями секретности, астрономы ещё в начале века, в 1909 г., объединились в Международный астрономический союз (МАС), который



В университете Эддингтон сдал сложнейший экзамен, так называемый математический трайпос, уже через два года после начала обучения, как это делали и другие наиболее одарённые студенты, например за несколько лет до него Джеймс Джинс. Стэнли занял первое место и получил звание «сеньор ранглер» (выдающийся студент-математик), которое никогда ещё не получал второкурсник. В 1905 г. ему была присвоена учёная степень бакалавра искусств Кембриджского университета.

• • •

В 1905 г. Эддингтон стал читать в Кембридже лекции по сферической тригонометрии и ряду разделов физики, однако эта деятельность его не вполне удовлетворяла. Он был рад, когда ему предложили занять место главного ассистента в Гринвичской королевской обсерватории. 18 февраля 1906 г. Эддингтон приступил к работе на обсерватории. Ему сначала пришлось изучить основы практической астрономии: работу с каталогами, статистические методы обработки наблюдений, теорию инструментальных ошибок и многое другое. Для того чтобы быть в курсе последних событий в астрономической науке, Эддингтон должен был посещать ежемесячные собрания Королевского астрономического общества. В 1907 г. он стал членом клуба Общества. Последнее событие ввело Эддингтона в круг научной элиты Соединённого Королевства.

Королевское астрономическое общество — старейшее в мире. За выдающийся вклад в развитие астрономической науки Обществом регулярно присуждаются Золотая и именные медали. В настоящее время выдающиеся астрофизики награждаются медалью имени Эддингтона.

Работу в Гринвиче учёный начал с исследования собственных движений звёзд. Его первая научная статья «Систематические движения звёзд» была опубликована в 1906 г. В 1912 г. Эддингтон отплыл в Бразилию, чтобы наблюдать полное солнечное затмение 10 октября. Но здесь



Эддингтон играет с матерью в шахматы.

ему не повезло: в день затмения шёл ливень.

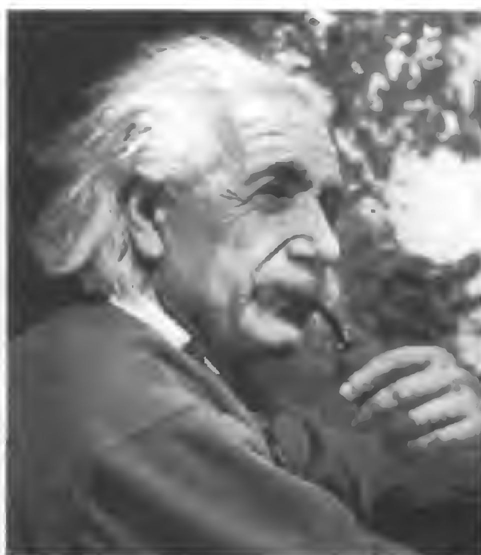
В 1913 г. Эддингтон был избран профессором астрономии Кембриджского университета, а год спустя — членом Лондонского королевского общества и директором университетской обсерватории. Во время Первой мировой войны Эддингтона пытались привлечь к военной службе. Он, однако, заявил: «Я отказываюсь идти на военную службу по религиозно-этическим мотивам», дав тем самым ясно понять, что, как и все квакеры, он является непреклонным пацифистом. Дело приобрело драматический оборот. Но спасло вмешательство Королевского астронома сэра Фрэнка Дайсона, который указал на большое значение научных исследований Эддингтона. Дайсон особенно подчеркнул необходимость его участия в экспедиции для наблюдения солнечного затмения в мае следующего года, во время которого можно было провести наблюдательный тест общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна.



Эддингтон и Эйнштейн.

Эддингтон решил проверить одно из предсказаний ОТО — искривление пространства над поверхностью Солнца в сильном поле его тяготения. 29 мая 1919 г. он наблюдал полное солнечное затмение на Принсипи,





Альберт Эйнштейн.

устаревших философских доктрин и превратил в одну из решающих сил современного мира людей», — писал известный физик Макс Борн. По значению, какое имели его труды для развития науки, Эйнштейна можно сравнить только с Исааком Ньютоном.

* * *

В детские годы будущая гениальность Эйнштейна внешне никак не проявлялась. Альберт рос тихим, замкнутым ребёнком; он редко играл с другими детьми, долго учился говорить и в семилетнем возрасте мог лишь повторять короткие фразы. Но ещё в пятилетнем возрасте на него произвёл неизгладимое впечатление компас, подаренный ему отцом. Способность стрелки показывать направление на север и на юг заворожило его своей загадочностью и необъяснимостью на основе обыденных представлений. В 12 лет он был пленён красотой математической логики, прочитав случайно попавшуюся ему книгу по евклидовой геометрии. Способности к логическому мышлению Альберт унаследовал от отца, а склонность к музыке — от матери. Со временем он научился неплохо играть на рояле и на скрипке.

Альберт Эйнштейн родился 14 марта 1879 г. в баварском городе Ульме. Его отец Герман Эйнштейн был владельцем магазина электротехнических товаров. Вскоре после рождения Альберта семья переехала в столицу Баварии — Мюнхен. В этом городе он поступил в гимназию. В то время в немецких учебных заведениях царили зубрёжка и принудительное натаскивание. Впоследствии Эйнштейн вспоминал: «По-моему, хуже всего, если школа строит свою работу на запугивании, насилии и искусственно созданных авторитетах. Такая система воспитания губит здоровые чувства и непосредственность школьников, убивает их веру в собственные силы. Так создают приниженных верноподданных».

Однако из Эйнштейна сделать послушное «стадное животное» было невозможно. Он с жадностью читал научно-популярную литературу, по-своему осмысливая явления общественной жизни: «Следствием этого было моё прямо-таки фанатическое свободомыслие, соединённое с выводами, что государство умышленно обманывает молодёжь; это был потрясающий вывод». Не меньше, чем теория относительности, известен афоризм Эйнштейна: «Лишь немногие в состоянии спокойно высказывать мнения, расходящиеся с предрассудками окружающей среды; большинство же людей вообще неспособно прийти к такого рода мнениям».

Как-то в гимназии к Альберту подошёл классный наставник и сказал: «Мне хотелось бы, чтобы Вы покинули нашу школу!». Изумлённый Альберт ответил: «Но ведь я ни в чём не провинился!». «Да, это верно, — перебил его учитель, — но одного Вашего присутствия в классе достаточно, чтобы полностью подорвать уважение к учителям».

Неудивительно, что, как только представилась возможность, ранней весной 1895 г. 16-летний Альберт покинул гимназию и направился в Милан, где к тому времени обосновались его родители. Они не были очень обрадованы, когда сын прибыл к ним без аттестата о среднем образовании и даже без паспорта.

Альберт попытался поступить в Политехникум, федеральное высшее



восходящей всё, что нам известно из земных опытов».

Эддингтон также первым понял, что независимым подтверждением высокой плотности белого карлика было бы обнаружение в его спектре значительного гравитационного красного смещения. В 1924 г. он рассчитал это смещение для спутника Сириуса и получил значение 20 км/с. В 1925 г. по просьбе Эддингтона Уолтер Сидни Адамс выполнил его измерение и получил среднее значение 21 км/с.

Ещё в 1920 г., задолго до создания ядерной физики, Эддингтон указал на реакцию превращения водорода в гелий как на возможный источник энергии звёзд. Обсуждая проблему источников энергии звёзд, он понял, что энергия в звезде генерируется со скоростью, зависящей от температуры и плотности, и процесс должен саморегулироваться, иначе невозможно устойчивое состояние, т. е. звезды просто не будет. А возможно это лишь в случае реакций термоядерного синтеза. И хотя их теория была создана гораздо позднее, в основном Эддингтон оказался прав. А критикам, которые указывали на недостаточную температуру в недрах звёзд для реакций синтеза, он советовал пойти «поискать место погорячее», что на английском языке означает просто «послать к чёрту».

Эддингтона можно смело считать основоположником теоретических исследований и по физике межзвёздной среды. Он указал на то, что вращение Галактики можно определить с помощью кальциевых облаков, а в одной из своих последних работ в 1943 г. — и на то, что неоднородное распределение межзвёздного вещества должно производить возмущения в орбитах звёзд.

Свои исследования природы звёзд Эддингтон подытожил в монографии «Внутреннее строение звёзд» (1926 г.), получившей, как и вышедшие ранее «Математическая теория относительности» (1924 г.) и позднее «Фундаментальная теория» (1946 г.), широчайшую мировую известность.

* * *

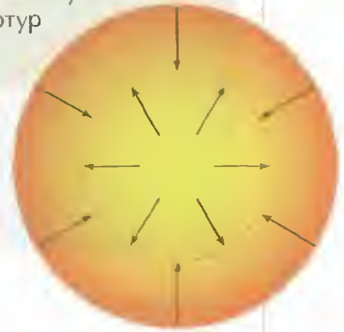
Эддингтон был не только крупнейшим физиком и астрофизиком, но и выдающимся представителем философии науки. Он считал, что мир

ЭДДИНГТОНОВСКОЕ РАВНОВЕСИЕ ЗВЕЗДЫ

Две главные силы действуют в звезде. Сила тяготения, вес вышележащих слоёв вещества стремятся сжать её до минимальных размеров, а упругость горячего газа и давление запертого света — расширить её и разорвать. В нормальной спокойной звезде эти силы взаимно уравновешены на всех глубинах звёздного шара. Чем глубже, тем больше вес — давление вышележащих слоёв, но и тем больше температура газа, препятствующая дальнейшему сжатию звезды.

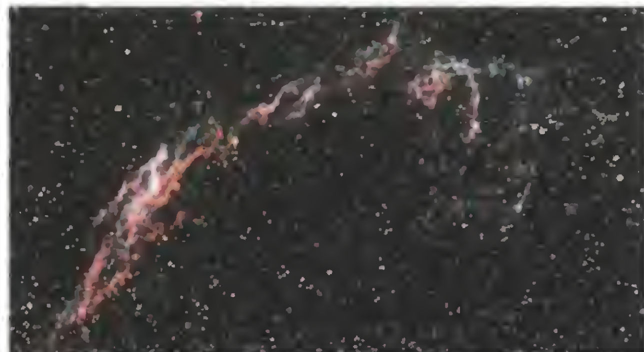
Остудим недра спокойной звезды, и она, выйдя из равновесия, сожмётся. От сжатия выделится дополнительное тепло, и звезда станет на время горячее, чем была. Хотели охладить звезду, а она нагрелась! Этот феномен называют отрицательной теплоёмкостью. Но затем звезда, по инерции слишком сжавшаяся и перегревшаяся, начнёт расширяться и остывать. Так, популсировав, звезда постепенно придёт в равновесное состояние.

Известен афоризм Эддингтона: «Чтобы звезду охладить, надо её нагреть». А ещё сэр Артур говорил: «Нет ничего проще звезды!».





◄◄ Эддингтон у памятника Кеплеру в Вейль-дер-Штадте. 1928 г.



Рыбачья сеть — первая среди туманностей, с которой в 1957 г. был сделан цветной снимок. ▼





Скрипичный дуэт.



Спиральная галактика М 83.

Работа «Об одной эвристической точке зрения на возникновение и превращение света» содержала смелую гипотезу о световых квантах – элементарных частицах электромагнитного излучения, летящих в мировом пространстве наподобие пуль. Гипотеза Эйнштейна позволила объяснить фотоэлектрический эффект: появление тока при освещении вещества коротковолновым излучением. Эффект был открыт в 1886 г. Генрихом Герцем и не укладывался в рамки волновой теории света. За эту работу позднее Эйнштейн был удостоен Нобелевской премии. Ею была открыта новая — квантовая — эпоха в развитии физики. Она создала идейную основу для знаменитой модели атома Резерфорда — Бора, по которой свет излучается и поглощается порциями (квантами), и гениальной концепции «волн материи» Луи де Бройля. Незадолго до того Макс Планк установил, что тепло тоже излучается квантами. Теперь стало ясно, что причина этого — не в излучающих атомах, а в самом свете. Свет обладает как волновыми, так и корпускулярными (от *лат.* corpusculum – «мельчайшая частица») свойствами. Таким образом был осуществлён гениальный синтез двух, казалось бы несовместимых точек зрения на природу света, высказанных в своё время Гюйгенсом и Ньютоном.

Статью «К электродинамике движущихся тел» можно рассматривать как введение в *специальную теорию относительности — СТО*, которая произвела переворот в представлениях о пространстве и времени.

Эйнштейн начал с двух постулатов, в которых в сжатом виде представлены механика Галилея — Ньютона и электродинамика Максвелла:

1. Все законы физики имеют одинаковый вид во всех инерциальных системах отсчёта (в тех системах, где справедливы законы механики Ньютона).

2. В любой из этих систем скорость света одинакова вне зависимости от того, испускается свет покоящимся или движущимся телом (а значит, во всех системах отсчёта вы-



мя имена Рэлея и Джинса. Он является создателем теории гравитационной неустойчивости, позволяющей понять и описать, как из разреженного вещества образуются небесные тела, и лежащей поэтому в основе современных исследований в области космогонии и космологии. Со временем астрофизические проблемы стали всё сильнее занимать учёного. Из-под его пера вышли основополагающие работы по звёздной динамике, теории внутреннего строения и эволюции звёзд, теории фигуры вращающихся небесных тел. Наибольшую известность Джинсу принесла его гипотеза образования Солнечной системы в результате сближения двух звёзд. Несмотря на то что в настоящее время его гипотеза представляет только исторический интерес, некоторые теоретические результаты Джинса в этой области сохранили значение до наших дней.

Но в начале 20-х гг. имя Джеймса Джинса пользовалось известностью не только среди учёных. Его популярные книги «Вселенная вокруг нас» и «Движение миров» были переведены на многие языки. В СССР эти книги были изданы в конце 20-х — начале 30-х гг.

• • •

Джеймс Джинс родился 11 сентября 1877 г. в английском городе Ормскирке, в графстве Ланкашир. Его отец Уильям Таллох Джинс был журналистом и автором книг об учёных. Мать Джеймса Марта Энн Хопвуд происходила из старинной семьи промышленников, изготовлявших часы.

Мать Джеймса была очень религиозной. Отец способствовал интеллектуальному развитию мальчика и оказал на него большое влияние. Джеймс обладал прекрасной памятью и был не по годам развитым ребёнком. В три года он понимал, какое время показывают часы, к четырём годам уже свободно читал.

Особенно увлекался Джеймс действиями с числами. Он легко запоминал их и в семь лет забавлялся тем, что перемножал цифры в номерах кэбмэнов. Как-то Джеймс натолкнулся на таблицы логарифмов. И хотя он не мог понять, для чего они нужны, но легко запомнил первые 20 значений. В семье Джинса долго помнили случай, когда однажды его мать забыла билет на поезд, а Джеймс смог назвать контролёру его номер.

Джеймс очень интересовался различными механизмами, особенно часами. В девятилетнем возрасте он, подражая занятиям отца, написал своё первое сочинение на девяти страницах под названием «Часы». В тексте и многочисленных рисунках содержались сведения об основных принципах работы часов и давалось описание их конструкции.

У Джеймса рано проявились и способности к музыке. Его стали обучать игре на фортепиано, а в 12 лет он уже хорошо играл на органе. Его любимым композитором был Бах.

В сентябре 1890 г. Джеймс поступил в Тейлоровскую коммерческую школу с высоким уровнем преподавания. В школе у него проявились блестящие способности и интерес к математике и физике. Дома он соорудил маленькую физическую лабораторию, где ставил простейшие опыты.

В 1896 г. Джинс был зачислен в Тринити-колледж Кембриджского университета. Джеймс приступил



Джеймс Хопвуд Джинс.

ПАРАДОКС БЛИЗНЕЦОВ

Из постоянства скорости света вытекает знаменитый *парадокс близнецов* теории относительности. Время в быстро движущейся системе отсчёта замедляет свой ход по сравнению с покоящейся системой. Из этого следует, что космонавт, совершивший полёт с околосветовой скоростью, вернувшись на Землю, окажется моложе своего брата-близнеца, всё время остававшегося на Земле. И это не фантазия. Факт релятивистского замедления времени экспериментально подтверждён при исследованиях космических лучей. Сталкиваясь с атомами воздуха верхней атмосферы, они порождают частицы, которые движутся с околосветовыми скоростями и поэтому могут достигать приборов, расположенных на поверхности Земли, хотя в неподвижном состоянии они имеют очень малые времена жизни. Если бы не релятивистский эффект продления жизни, они просто не успели бы долететь до прибора от верхних слоёв атмосферы, где они образовались, а распались бы по пути.

ОТ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ К ТЕОРИИ ТЯГОТЕНИЯ

Здесь Эйнштейн сделал следующий шаг в преобразовании физики, и опять этот шаг был связан с расширением понимания пространства и времени. С одной стороны, он давно хотел, чтобы физика научилась описывать мир в любых системах отсчёта, движущихся не только прямолинейно и равномерно, но и с ускорением, в том числе и вращающихся.

С другой стороны, Эйнштейн видел, как много странного связано с вещью вроде бы очевидной — с массой. В своё время Галилей доказывал, что все тела падают с одинаковым ускорением. Ему важно было сокрушить систему мира Аристотеля, в которой огонь, двигаясь вверх, образовал небо и звёзды, а земля и вода, падая вниз, к центру Вселенной, образовали гигантский шар — Землю. Ньютон из этого сделал вывод о равенстве гравитационной массы (она входит в закон всемирного тяготения и определяет свойство тела притягивать всё без разбора) и инерционной массы, которая входит в знаменитую формулу $F = ma$. В отличие от своих последователей он видел всю странность этого факта, но не смог разгадать его смысл.

Эйнштейн сделал отсюда вывод, что причина падения тел — не в их свойствах, а в самой структуре пространства-времени (поэтому оно и происходит одинаково для всех тел). Совершенно неожиданно расширение идеи относительности дало и теорию тяготения!

Согласно общей теории относительности (ОТО), пространство отнюдь не одинаково повсюду, его геометрическая структура зависит от распределения в нём масс. Искривлённое пространство вводится по аналогии с искривлёнными поверхностями в неевклидовой геометрии. Кривизной пространства определяется траектория тела, движущегося в поле тяготения.

пацифизма: «Я глубоко презираю тех, кто может с удовольствием маршировать в строю под музыку... Какой гнусной и презренной представляется мне война. Я бы скорее дал разрезать себя на куски, чем участвовать в таком подлом деле».

Война не прервала научного творчества Эйнштейна. В 1916 г. он опубликовал «Основы общей теории относительности».

Вскоре Эйнштейн понял, что его теория должна определять общую структуру Вселенной. Первая релятивистская космологическая модель мира была представлена им в статье «Вопросы космологии и общая теория относительности» (1917 г.). Вселенная Эйнштейна, устроенная и живущая по законам общей теории относительности (ОТО), статична, неизменна. Она имеет конечную массу, т. е. конечное число звёзд, галактик и конечный объём. К Большой Вселенной приложимы законы неевклидовой геометрии. Её пространство искривлено под действием тяготеющих масс таким образом, что световой луч, выходящий из какой-либо точки, распространяясь по кратчайшей линии в искривлённом трёхмерном пространстве, снова вернётся к своей исходной точке. Вселенная Эйнштейна оказалась замкнутой на себя. Она была конечна, но безгранична, так как не имела ни «стенок», ни пространства «за стенками».

• • •

Вся жизнь Эйнштейна была посвящена научным исследованиям. В 1921 г. он получил Нобелевскую премию за «заслуги в области теоретической физики и в особенности за открытие закона фотоэлектрического эффекта». Присуждение этой премии еврею резко подогрело профашистские антисемитские настроения в Германии. Нападки на Эйнштейна усилились, дело дошло даже до угроз убийства. Однако он продолжал активную научную работу, читал много публичных лекций. Он часто путешествовал, способствуя восстановлению международных научных связей, нарушенных мировой войной. Но когда осе-



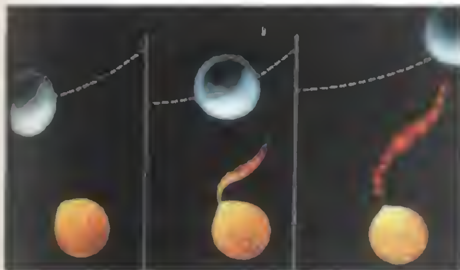
в результате деления быстровращающихся звёзд. В 1922 г. ему была вручена Золотая медаль Королевского астрономического общества.

Джинсовская теория фигуры и устойчивости вращающихся масс оказала сильное влияние на его космогонические представления. Гипотеза образования Солнечной системы, предложенная в 1916 г., принесла ему в последующие два десятилетия мировую известность.

Джинс пришёл к выводу, что гипотеза Лапласа не в состоянии объяснить, как ничтожные по массе планеты, отделяясь от Солнца, могли отнять у него столько вращательного движения, сколько у Солнца и не могло быть. Джинс полагал, что в далёком прошлом некая звезда прошла рядом с Солнцем и своим притяжением вырвала часть солнечного вещества. Предположив, что прошедшая массивная звезда передала планетам достаточный вращательный момент, Джинс, казалось, решил проблему. В его схеме планеты образовались в результате гравитационной неустойчивости непосредственно в выброшенном из Солнца веществе.



◄ Выброс солнечного протуберанца высотой 500 000 км. Фотография сделана в ультрафиолетовых лучах с борта орбитальной станции.





◄◄ Джинсовская гипотеза образования планет Солнечной системы.

▲ Галактика NGC 1365.

Однако детальный анализ предложенного Джинсом космогонического сценария показал, что на его пути возникают непреодолимые трудности. В современной космогонии катастрофические гипотезы вообще не рассматриваются. Джинс и сам понимал предварительный характер своих утверждений. «Время для согласия в космогонии ещё не пришло», — писал он в заключении своей монографии «Проблемы космогонии и звёздной динамики» (1919 г.). Эта работа стала классической и вошла в золотой фонд астрономической науки.

В 1919 г. Джинс был избран секретарём Королевского астрономического общества, а в 1925—1927 гг. — его Президентом. В то время он особенно интересовался источниками энергии и внутренним строением звёзд. Ещё в 1904 г. Джеймс Джинс высказал мысль, что энергия звёзд могла бы возникать за счёт аннигиляции вещества, т. е. вследствие превращения двух столкнувшихся частиц в излучение. Это предположение оказалось



«Как-то после заседания Королевского астрономического общества Людвиг Зильберштейн подошёл к Эддингтону и сказал: „Профессор Эддингтон, Вы, должно быть, один из трёх человек в мире, которые понимают общую теорию относительности". Заметив замешательство Эддингтона, Зильберштейн заметил: „Не скромничайте, Эддингтон". На что тот ответил: „Напротив, я стараюсь понять, кто этот третий человек"». И действительно, Эддингтон был одним из очень немногих, кто сразу понял значение общей теории относительности, принял участие в её развитии, наблюдательном подтверждении и тем самым способствовал её всемирному признанию. Такое сочетание в одном лице талантливого наблюдателя и гениального теоретика — исключительно редкое явление в истории астрономии.

• • •

Артур Стэнли Эддингтон родился 28 декабря 1882 г. в Англии, в городке Кендал. Его семья отличалась высокой культурой и искренней религиозностью. Квакеры, к которым принадлежали мать и отец Артура, отвергали развлечения, одобряя только полезные занятия. Воспитание в этой традиции наложило особый отпечаток на всю жизнь Эддингтона.



Артур Стэнли Эддингтон.

Отец Эддингтона был директором школы: он скончался в возрасте всего 34 лет. У Стэнли, как звали его мать и сестра, рано проявились необыкновенные способности. У него были удивительная память и интерес к большим числам. Таблицу умножения до 24 × 24 он выучил ещё до того, как начал читать.

По собственному признанию Эддингтона, он начал интересоваться астрономией, которая привлекала его постоянно встречавшимися в ней громадными числами, когда ему было всего шесть лет. В десятилетнем возрасте Стэнли с увлечением наблюдал небо в трёхдюймовый телескоп, который ему выдали в школе. В 1893—98 гг. он учился в частной школе. За это время он написал 13 рефератов по астрономии, помещённых в школьном журнале. Страсть к науке не сделала Стэнли замкнутым. Он был любимцем всей школы, увлекался спортом и хорошо играл в крикет и футбол.

Успехи Эддингтона были высоко оценены. В 1898 г. он получил от Совета по школам графства стипендию сроком на три года по 60 фунтов стерлингов в год, которая в те времена была вполне достаточной для продолжения образования. Это позволило ему в неполные 16 лет поступить в Манчестере в Оуэновский колледж. Эддингтон сосредоточился на изучении математики и физики. По завершении образования он получил степень бакалавра наук по физике.

Осенью 1902 г. Эддингтон поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета, где два столетия назад учился и затем преподавал Исаак Ньютон. Это было учебное заведение, дававшее в то время наилучшее образование в области физико-математических наук.

В студенческие годы Эддингтон участвовал в деятельности различных клубов и обществ: Кембриджского математического клуба, Кавендишского (физического) общества, Шахматного клуба (вице-президент), Союза нонконформистов и неформального литературного клуба, где в основном читали Шекспира.



лемика, проходившая в Королевском астрономическом обществе с 1917 г., способствовала прогрессу в изучении природы звёзд. Представления Эддингтона в этой области оказались более верными, чем у Джинса. Но отдельные заблуждения не преуменьшают громадную роль трудов Джинса в области теоретической астрофизики.

• • •

1928 г. был ознаменован для Джинса двумя событиями: за заслуги перед наукой и Королевским обществом он был посвящён в рыцари и вышла в свет монография «Астрономия и космогония», которая подытожила его исследования в этих областях. Она обратила на себя внимание издателей, и Джинс получил предложение написать популярную книгу по астрономии. Следом за «Вселенной вокруг нас» в 1929 г. вышла «Загадочная Вселенная» в 1930 г., «Звёзды и их судьбы» в 1931 г., «Сквозь пространство и время» в 1934 г., «Физика и философия» в 1941 г. Книга «Развитие физической науки» была опубликована в 1947 г., уже после смерти её автора. К славе Джинса-учёного прибавилась слава Джинса-популяризатора, автора работ, написанных с большим литературным мастерством.

Во многих своих книгах, особенно в созданных в последние годы жизни, Джинс обращался к важнейшим философским вопросам науки. Он стремился возродить дуалистический, двойственный взгляд на мир Рене Декарта. В мире, по мнению Джинса, есть два самостоятельных начала — мысль и материя. Ни одно из них не является главным, определяющим, они взаимно дополняют друг друга. Как материя влияет на мысль, так и мысль контролирует материю. По Джинсу, Бог — Математик Вселенной. «Мы и раньше относились с недоверием к мысли о том, что Вселенная была построена Биологом или Инженером, — писал Джинс в «Загадочной Вселенной», — Великий Создатель Вселенной с присущей Его творению очевидностью теперь начал выступать как чистый Математик».

ЧЕЛОВЕК ВО ВСЕЛЕННОЙ

Имеются ли в настоящее время основания для пересмотра взгляда на человечество как на уникальное явление в мире? Мы сразу же ответим: «Да!». Простейший довод в пользу такой переоценки наших представлений состоит в том, что сравнительно недавно Солнце, Земля и другие планеты были «смещены» с центрального или во всяком случае значительного положения в звёздной Вселенной и переведены в положение рядового зрителя в ничем не примечательном месте — слабой спиральной ветви обычной галактики.

Этот довод прост, но очень важен, поскольку, как известно, он привёл к отказу от более ранних геоцентрических или гелиоцентрических теорий строения Вселенной. В результате этого мы сделали большой шаг вперёд в познании истинного строения Космоса. И этот процесс познания необратим. Мы должны привыкнуть к факту, что находимся на периферии и движемся вместе с нашей звездой — Солнцем — во внешней части Галактики, которая является одной из многих галактик, содержащих миллиарды звёзд.

Я не могу сказать, обладаем ли мы каким-либо величием в смысле нашего положения в пространстве или во времени. Думаю, что наша слава в чём-то ином. Не следует ли также откровенно поставить под сомнение тщеславную и надоевшую догму, согласно которой человек почему-то является чем-то особым, чем-то недосягаемым? Может быть, он и недосягаем. Я надеюсь, что он таков. Но, конечно, не в смысле своего положения в пространстве или во времени и не из-за его энергии или химического состава. Если говорить о четырёх основных материальных сущностях — пространстве, времени, материи и энергии, то здесь он ничем не замечателен. Не уникальны и не заслуживают того, чтобы ими хвастать, ни его размеры, ни деятельность, ни химический состав, ни эпоха, в которую он живёт. Конечно, человек — сложное и интересное явление, но не стоит по этому поводу умиляться или углубляться в самоанализ. Поскольку наши иллюзии об особом назначении человека уже рассеяны, мы окажемся в лучшем положении, если будем говорить о человеческом разуме и оценивать его мощь, его значимость и его эффективность в понимании космических процессов.

Считать доказанным непревзойдённость человека как биологического вида, предполагать, что жизнь в целом и человеческая жизнь в частности — явление особой важности для Вселенной, настаивать на том, что данная геологическая эпоха чем-то необычайно значительна в ходе времени — все эти легковесные утверждения следует поставить под сомнение.

Однако наша незначительность в материальном мире не оскорбительна. Разве нас унижает, что мы не летаем, как воробьи, что мы меньше бегемотов, что собаки обладают более острым слухом, а насекомые — более тонким обонянием? Мы легко миримся со всеми этими свидетельствами наших меньших способностей и сохраняем при этом чувство собственного достоинства. Мы без труда примирились бы со звёздами и с космическими фактами. Вселенная настолько грандиозна, что в ней почётно играть даже скромную роль.

(По книге Харлоу Шепли «Звёзды и люди».)





Негативный снимок солнечного затмения, сделанный Эддингтоном для проверки ОТО. Чёрточками помечены контрольные звёзды.

Кажущееся положение звезды
Действительное положение звезды
1,75"
Солнце
Наблюдатель

Фотон от далёкой звезды, пролетая над поверхностью Солнца, по закону тяготения Ньютона искривляет свой путь в сторону дневного светила на величину менее 1" дуги. Но, согласно предсказанию ОТО, это отклонение вдвое больше и должно составлять 1,75". Дело в том, что к ньютоновскому смешению добавляется такой же по величине член, вызванный искривлением пространства-времени. При наблюдении с Земли звезда должна «сместиться» от Солнца именно на этот угол относительно своего истинного положения.

небольшом острове у Западного побережья Африки в Гвинейском заливе. Измерение смещения звёзд, сфотографированных вблизи Солнца в момент полной фазы затмения, показало точное совпадение с предсказанным ОТО. Эддингтон считал это великим моментом в своей жизни.

Эддингтон участвовал также в развитии математического аппарата ОТО и написал о ней популярную книгу «Пространство, Время, Тяготение» (1920 г.).

Но главным делом жизни Эддингтона было исследование звёздного мира. Одним из первых он выступил в пользу теории островных вселенных, подчёркивая, что спиральные туманности являются другими галактиками.

Особенно интересовала Эддингтона физическая природа звёзд, и именно в её познании состоит его основной вклад в науку. Важнейшее открытие его заключается в том, что звезда — это газовый шар от поверхности до центра, а не жидкое тело, как считалось раньше.

Эддингтону принадлежит основополагающая идея о переносе энергии наружу из внутренних горячих областей звезды (где и происходит, как правило, её выделение) передачей квантов от атома к атому — излучением и поглощением — лучеиспусканием, а

не конвекцией, не кипением газо
массы звезды, как предполагалось
нее. Теперь на давление излуче
стали смотреть как на важней
фактор равновесного состояния н
мальных звёзд.

Разработав теоретические мод
звёзд, Эддингтон установил зави
мость «масса — светимость», кото
вскоре была подтверждена наблю
ниями. Стало ясным, что веще
недр звёзд, как и он предполагал
ходится в состоянии идеального
за. «Я представил звезду с такой
ки зрения, что недра звезды дол
рассматриваться как тепловая ма
на и, следовательно, объектом зн
мого закона тепловых машин...» —
сал учёный.

Эддингтон теоретически док
что существует верхний предел св
мости звезды, которую может под
живать данная масса. Он так и н
вается — *эддингтоновский пр*
светимости. Это введённое им п
тие играет важнейшую роль в из
нии квазаров, рентгеновских исто
ков и чёрных дыр. Так, принимая
светимость этих объектов близка
дингтоновскому пределу, можно
нить их массу. С другой стороны,
в 1917 г. Эддингтон первым понял
значительный разброс в светимо
звёзд не означает такой же сильно
риации в их массах.

Эддингтону принадлежит тео
белых карликов — нового типа з
плотность которых выше обыч
плотности звёзд в сотни тысяч
Вот как о ней в популярной бро
ре «Звёзды и атомы» (1927 г.) рас
зывал сам автор: «Сообщение спу
ка Сириуса после его расшифро
гласило: „Я состою из вещества, п
ность которого в 3000 раз выше,
всё, с чем вам когда-либо прих
лось иметь дело; тонна моего вещ
ва — это маленький кусочек, кото
умещается в спичечной коробке"
можно сказать в ответ на такое по
ние? В 1914 г. большинство из на
ветило бы так: „Полно! Не болт
глупостей!". Но в 1924 г. была ра
та теория, открывавшая возможн
чрезвычайного сжатия матери
звёздах до плотности, намного



в аэронавигации. Когда началась Первая мировая война, Фридман добровольно ушёл на фронт. В частях русской армии он организовывал аэронавигационную и аэрологическую службы. С 1920 г. Фридман стал сотрудником Главной геофизической обсерватории, а в 1925 г. был назначен её директором. Был он также профессором Пермского университета, а затем учебных заведений Петрограда.

Жизнь Фридмана пришлась на эпоху научной революции в физике. Новая теория всемирного тяготения — общая теория относительности Эйнштейна (1916 г.) — ломала устоявшиеся представления о пространстве и времени, о бесконечности Вселенной.

Уже в начале 20-х гг. Фридман не только освоил непривычную теорию, но впервые по-новому разрешил наиболее трудную в ней — космологическую — проблему.

Первую такую попытку предпринял сам Эйнштейн в 1917 г. Он считал, что безграничная Вселенная замкнута на себя, пространственно конечна и стационарна во времени. Её радиус кривизны, по мнению основателя релятивизма, не должен был меняться. Приняв такой постулат, Эйнштейн, однако, столкнулся с проявлением «строптивости» со стороны своей новой теории. При решении мировых уравнений ему не удавалось получить устойчивую стационарную модель мира, пока он не ввёл в уравнения дополнительный «космологический член» Λ (лямбда) — постоянную величину. Она имела необычный физический смысл силы отталкивания, призванной уравновесить взаимное тяготение масс Вселенной. В современной космологии эта сила воспринимается как «отрицательное давление». Однако, строго говоря, для её введения у Эйнштейна не было достаточных оснований.

Фридман первым отказался от постулата о стационарности Вселенной. Во имя стройности теории он пожертвовал тысячелетней философской традицией, представлявшей мир незыблемым и устойчивым. В 1922 г., заново проанализировав сложнейшую систему из десяти мировых уравнений, он пришёл к фундаментальному выводу: их решение ни при каких условиях не может быть единственным. Стало ясным, что релятивистская теория не может дать одного определённого ответа на вопрос о форме Вселенной, о её конечности или бесконечности в пространстве. На этом Фридман не остановился, он был захвачен небывалой перспективой, открывшейся перед космологией. Он увидел, как, решая мировые уравнения, можно получить пусть неоднозначный, но ответ на вопрос о том, что же может представлять собой Вселенная с точки зрения ОТО.



Петербургский университет. Начало XX в.



Земная атмосфера. Вид с околоземной орбиты.

Постулат стационарности Вселенной Фридман заменил на несравненно более общие утверждения об однородности и изотропности (от *греч.* «изос» — «равный», «тропос» — «характер») Вселенной (о том, что во Вселенной нет ни выделенных областей, ни преимущественных направлений). Ещё в XV в. эти идеи ввёл немецкий философ Николай Кузанский. В результате Фридман нашёл новые, уже вполне определённые решения уравнений ОТО — в виде трёх возможных моделей нестационарной Вселенной. Каждая определялась принимаемым интервалом значений Λ и знаком кривизны пространства.

Две модели с положительным Λ описывали Вселенную с монотонно растущим радиусом кривизны. Вселенная оказывалась расширяющейся: в одном случае из точки, в другом — начиная с некоторого начального ненулевого объёма. Время расширения её до современного состояния





Спиральная галактика.

открывается не только через наблюдения и логическое мышление, но и через религиозное постижение «невидимого мира», в который можно проникнуть только путём мистического опыта. Эддингтон придерживался принципа дополнительност рационально-научного и мистик религиозного познания. То, что о был естествоиспытателем, не меша ему быть религиозным мистиком.

Эддингтоном были написаны ра боты по философии науки и много численные книги и брошюры, попу ляризирующие достижения физики астрономии.

Научные достижения Эддингтон принесли ему заслуженное призна ние как в своей стране, так и за ру бежом. В 1930 г. он был посвящён рыцари. Эддингтона избирали прези дентом Королевского астрономиче ского общества, президентом Между народного астрономического союз (1938 г.), почётным или иностранным членом академий и научных обществ Америки, России и почти всех евро пейских стран.

Сэр Артур Стэнли Эддингтон скончался 22 ноября 1944 г.

Символом жизни сэра Артура, на верное, может служить его любимое четверостишие, которое он поместил на обложке своего дневника:

Движеньем Руки создавалось Писание
И вечен сей труд всеблагой.
Все мерзкие козни не встанут
преградой
И Он не пожертвует
светлой строкой.

ДЖЕЙМС ХОПВУД ДЖИНС

Ещё будучи молодым исследователем, только что закончившим обучение в Кембридже, Джеймс Джинс обратился к известному физику Джозефу Лармору с просьбой предложить ему тему для дальнейшей работы. На это Лармор с иронией ответил: «Что будет с грядущим миром, если молодёжи нужно подсказывать, над чем работать?».

Но в действительности Джинс в такой помощи не нуждался. Его замечательная интуиция подсказывала ему актуальные задачи, решение которых было необходимо для прогресса науки. Джинс по праву считается од ним из создателей нового научного направления — теоретической астро физики. Он был в ряду первых про фессиональных физиков-теоретиков, начавших работать в области астро номии и привнёсших в неё аппарат теоретической физики.

В начале своей научной деятель ности Джинс занимался кинетиче ской теорией газов и теорией излуче ния. Им была получена и строго обоснована формула для распределе ния энергии в спектре равновесного излучения, носящая в настоящее вре-



ГЕОРГИЙ АНТОНОВИЧ ГАМОВ

Георгий Антонович Гамов принадлежал к типу учёных-универсалов, «генераторов идей» и отличался особым талантом постановки и решения самых ключевых задач науки.

Человек яркий и азартный, неистощимый шутник и выдумщик, Гамов был и остаётся одним из любимейших героев «физического» фольклора — рассказы о нём передаются из поколения в поколения физиками всего мира.

Родился Гамов 4 марта 1904 г. в Одессе, в семье преподавателя словесности. Свои первые научные наблюдения Георгий сделал в детстве — отец подарил ему микроскоп и телескоп. Детское увлечение физикой стало призванием: Гамов за три года закончил Петроградский университет и вскоре отправился на стажировку в Германию, в Гёттингенский университет. Там он впервые заявил о себе как о выдающемся учёном — его доклад о туннельном эффекте в ядерных реакциях стал сенсацией. Идея Гамова о преодолении α-частицей барьера энергии, невозможного в классической физике, но возможного в квантовой, объяснила механизм этих реакций. Молодой учёный получил приглашения работать с крупнейшими физиками того времени: сначала с Нильсом Бором, затем с Робертом Резерфордом. В 25 лет он уже признан одним из крупнейших специалистов в области теоретической ядерной физики. Он побывал в научных центрах разных стран, выступал на конференциях, участвовал в исследованиях советских учёных в области ядерной физики.

Но в 1931 г. свободная научная деятельность Георгия Гамова впервые натолкнулась на поставленную государством преграду: ему не разрешено выехать в Рим для участия в международном научном конгрессе. Для учёного «римское фиаско», как он позднее назвал его, стало поворотным моментом в судьбе. У разных людей разный «порог чувствительности» к ограничению свободы. Для Гамова этого было достаточно: работа без возможности общаться с мировым научным сообществом его не устраивала. В 1932 г. он выехал вместе с женой на международный конгресс в Брюссель и больше на родину не вернулся, обосновавшись в США. Естественно, в Советском Союзе сразу сделано было всё возможное, чтобы вычеркнуть само имя учёного из истории отечественной физики. До середины 60-х гг. были запрещены даже ссылки на его работы, о публикациях вплоть до последних лет не могло быть и речи. Восстановили его в составе отечественной Академии наук только в 1990 г. — посмертно.

С именем Гамова связана одна из самых ярких и грандиозных астрофизических теорий — концепция Большого Взрыва, или теория горячей Вселенной. Он был первым, кому удалось соединить космологию с физикой микромира. Поражающая воображение картина взрывающейся, разлетающейся Вселенной, где в раскалённом котле ядерных реакций рождаются химические элементы, сначала казалась дерзкой, затем — убедительной, а сегодня она стала хрестоматийной.

Гамов обладал особым чутьём на переломные моменты в науке. После физики его внимание приковала генетика, которая стояла в тот момент на пороге совершенно нового уровня развития. От одной величайшей тайны — рождения Вселенной — Гамов перешёл к другой — тайне Жизни. Его талант точно ставить самые важные вопросы позволил учёному сформулировать ключевую задачу: расшифровать «тайнопись» Жизни — генетический код. Новые исследования генетиков блестяще подтвердили его идеи — это был третий «Большой Взрыв» в науке, которым она обязана Гамову.

* * *

И. С. Шкловский однажды сказал о Гамове: «Я считаю Г. А. Гамова, пожалуй, крупнейшим русским физиком XX века. В конце концов, от учёного остаются только конкретные результаты его труда. Применяя футбольную аналогию, имеют реальное значение не изящные финты и дриблинг, а забитые голы. В этом сказывается жестокость науки. Гамов обессмертил своё имя тремя выдающимися «голами»: 1) теорией α-распада, более обще — «подбарьерными» процессами (1928 г.); 2) теорией «горячей Вселенной» и, как следствие её, — предсказанием реликтового излучения (1948 г.), обнаружение которого в 1965 г. ознаменовало собой новый этап в космологии; 3) открытием феномена генетического кода (1953 г.) — фундамента современной биологии. Конечно, Гамов — невозвращенец, и это нехорошо. Но можем ли мы представить музыкальную культуру России XX века без имён Шаляпина и Рахманинова?».

(По книге В. Френкеля и Ю. Чернина «От альфа-распада до Большого Взрыва». 1990 г.)





к изучению математики в колледже, всемирную славу которому принёс Исаак Ньютон, обучавшийся и работавший там за 250 лет до Джинса. И в конце XIX — начале XX в. Кембриджский университет оставался учебным заведением, дающим лучшее в мире образование в области математики и естественных наук. В колледже Джинс был удостоен стипендии имени Ньютона по астрономии и оптике. Позднее в течение нескольких лет он и сам преподавал там.

Под влиянием астронома Джорджа Дарвина, сына великого естествоиспытателя, студент Джинс провёл теоретические исследования по гравитационной неустойчивости в облаках космического вещества. Главное в этой теории Джинса — учёт противоборства двух факторов. С одной стороны, тяготение стремится собрать вещество в отдельные сгустки, а затем сжать их в компактные небесные тела. А с другой стороны, давление стремится выровнять неоднородности, уничтожить зародыши небесных тел и равномерно рассеять вещество в газовом облаке. Молодой учёный показал, что гравитационная неустойчивость и сжатие наступают при размерах возмущения, превышающих так называемую *джинсовскую длину волны*.



Рассеянное звёздное скопление NGC 6193, состоящее из молодых горячих звёзд, которые подсвечивают межзвёздную материю. Это скопление, удалённое на 4 тыс. световых лет, является местом интенсивного звёздообразования.

В 1903 г. Джинс получил степень магистра, а на следующий год был назначен лектором по математике в Кембриджском университете. Эту должность он занимал до отъезда в 1905 г. в Принстон, в Америку. Там Джинс читал усложнённые лекции для наиболее способных студентов старших курсов. В 1906 г. он был избран членом Лондонского королевского общества. Это признание на родине пришло к нему, когда ему было всего 28 лет. Во время пребывания в Принстоне Джинс пишет две книги: «Теоретическая механика» (1906 г.) и «Математическая теория электричества и магнетизма» (1908 г.). Обе работы вместе с написанной ранее книгой «Динамическая теория газов» служили прекрасными учебниками и представляли собой исчерпывающие введения в предметы. Однако вскоре после возвращения в Англию в 1909 г. Джинс оставляет преподавательскую деятельность, чтобы всецело посвятить себя науке.

* * *

Интересы Джинса теперь полностью обращены к астрономии. Он начинает исследовать движение звёздных роёв, уподобляя движение звёзд поведению частиц в газовом облаке. Одновременно Джинс изучает форму и устойчивость быстро вращающихся небесных тел. Умеренное вращение сплющивает звёзды у полюсов. А если вращение будет всё быстрее и быстрее? Французский математик Жюль Анри Пуанкаре показал, что при возрастании скорости вращения сплюснутого сфероида он может принять грушевидную форму. Джордж Дарвин, используя приближённые методы расчёта, пришёл к заключению об устойчивости грушевидной фигуры. Российский академик Александр Михайлович Ляпунов, однако, сделал противоположный вывод. Исследования Джинса также показали неустойчивость грушевидных конфигураций. Он заключил, что разделение вращающейся массы на две отдельные конфигурации возможно. Именно на этот вывод опирается гипотеза Джинса о происхождении звёздных пар



ма, дающая решение космологической проблемы».

Ещё до открытия Эдвина Хаббла молодой бельгийский физик аббат Жорж Леметр, не зная о работах Фридмана, выдвинул в 1927 г. на основе ОТО идею расширяющейся Вселенной. Своей теории он придал яркую религиозную окраску. Как следствие, релятивистская космология была зачислена официальной философией СССР в разряд «мракобесия и поповщины». Нестационарная Вселенная прочно воспринималась как «Вселенная Леметра», и лишь в 60-е гг. было вызвано из забвения имя родоначальника релятивистской космологии Фридмана. После открытия реликтового радиоизлучения — отголоска Большого Взрыва — теория нестационарной Вселенной Фридмана — Леметра вошла в разряд устоявшихся научных знаний.

Теория Эйнштейна оправдывается на опыте; она объясняет старые, казавшиеся необъяснимыми, явления и предвидит новые поразительные соотношения. Вернейший и наиболее глубокий способ изучения при помощи теории Эйнштейна геометрии мира и строения нашей Вселенной состоит в применении этой теории ко всему миру и в использовании астрономических исследований. Пока этот метод немногое может дать нам, ибо математический анализ складывает своё оружие перед трудностями вопроса, и астрономические исследования не дают ещё достаточно надёжной базы для экспериментального изучения нашей Вселенной. Но в этих обстоятельствах нельзя не видеть лишь затруднений временных; наши потомки, без сомнения, узнают характер Вселенной, в которой мы обречены жить... И всё же думается, что

Измерить океан глубокий,
Сочесть пески, лучи планет
Хотя и мог бы ум высокий —
Тебе числа и меры нет!

(По книге А. А. Фридмана
«Мир как пространство и время». 1922 г.)

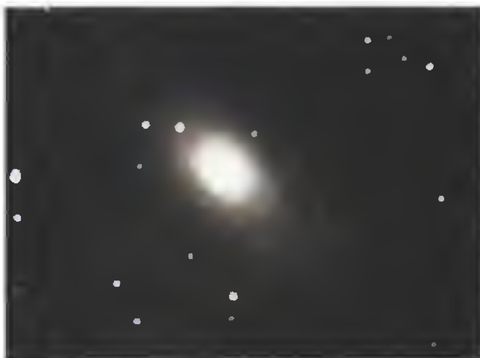
ЭДВИН ПАУЭЛЛ ХАББЛ

«Астрономия подобна пасторскому служению, — сказал как-то Хаббл, — нужен зов. После года юридической практики в Луисвилле я зов услышал. Ради астрономии я отбросил право. Я знал, окажись я даже посредственным или плохим служителем, всё равно это была бы астрономия...»

Эдвин Пауэлл Хаббл родился в Менсфилде, штат Миссури, США, 20 ноября 1889 г. в семье преуспевающего владельца страхового агентства. Он был третьим ребёнком, а всего в семье было восемь детей. Хабблы довольно часто меняли место жительства: здоровье отца было не очень крепким.

Хотя в доме было много прислуги, детей приучали к домашней работе. На каникулах им даже разрешалось самим подрабатывать на карманные расходы. А когда сын косил траву возле дома и ухаживал за традиционной лужайкой, которая должна была иметь безупречный вид, то платил за это отец. Но, пожалуй, ярче всего в памяти Эдвина запечатлелась работа в партии геодезистов, которая прокладывала маршрут железной дороги в лесах вокруг Великих озёр. О незаурядной физической силе и выносливости Хаббла свидетельствует эпизод, когда на него напали двое бандитов. Несмотря на то что его ранили ножом в спину, Эдвин вышел в схватке победителем.

Семья Хабблов была религиозной. Её духовная жизнь была разносторонней. По вечерам часто устраивались домашние концерты — все в семье



Галактика NGC 3031.



ХАРЛОУ ШЕПЛИ (1885—1972)

Выдающийся астроном Харлоу Шепли родился 2 ноября 1885 г. в городе Нашвилле — не в центре Соединённых Штатов, но и не на самой окраине. Юношей он поработал газетным репортёром и в университет своего родного штата Миссури поступал с желанием выучиться на журналиста. Но отделение журналистики в университете должно было открыться только через год, и Шепли как бы случайно сделался астрономом. Его учителем был знаменитый Генри Ресселл, один из двух первооткрывателей замечательной диаграммы, которую сегодня называют диаграммой Герцшпрунга — Ресселла и считают главным инструментом анализа эволюции звёзд.

Умение наблюдать и размышлять в равной мере нужно и хорошему журналисту, и отличному астроному. Одной из первых больших научных работ Шепли стал анализ наблюдений затменных двойных звёзд. В то время звезду δ Цефея многие считали затменной. Шепли убедительно опроверг это мнение и предположил, что δ Цефея — одиночная пульсирующая звезда. Он одним из первых понял огромное значение цефеид для определения расстояний во Вселенной. Исследования переменных звёзд в шаровых скоплениях помогли ему научиться определять расстояния до этих объектов. А дальше Шепли догадался, что богатая россыпь шаровых скоплений в созвездии Стрельца говорит о том, что именно там, на расстоянии многих десятков тысяч световых лет от Солнца, находится центр нашей Галактики. До этого неявно предполагалось, что человечество занимает «привилегированное» положение где-то поблизости от центра Галактики. За это открытие, не слишком лестное для нашего самолюбия, Шепли назвали Коперником XX века.

Шепли — один из немногих учёных, про кого можно сказать, что его прославила публичная научная дискуссия. В 1920 г. в Вашингтоне состоялась дискуссия между ним и Г. Кертисом о размерах нашей звёздной системы и о природе спиральных туманностей. Шепли правильно утверждал, что наша Галактика огромна, но ошибочно считал спиральные туманности частями нашей звёздной системы.

В 1938 г. на гарвардской фотопластинке звёздного неба Шепли и его ученица Сильвия Масселс заметили чуть притемнённое место, похожее на след пальца (пластинку проявили три года назад) или на брак эмульсии, но не на небесный объект. Только тщательное исследование пластинки и эмульсии и перефотографирование неба привело к открытию первой карликовой галактики в созвездии Скульптора. Так Шепли открыл первую «звёздную деревню» во Вселенной. А деревень там, как и на Земле, больше, чем городов.

Харлоу Шепли прожил долгую жизнь учёного и организатора науки. Он работал на обсерватории Маунт-Вилсон, с 1921 по 1952 г. был директором Гарвардской обсерватории, но юношеское пристрастие «скрипеть пером» его не оставляло. Шепли написал отличные популярные книги по астрономии. На русском языке изданы: «От атомов до млечных путей» (1934 г.), «Галактики» (1947 г.), «Звёзды и люди» (1962 г.).



ошибочным, так как аннигиляция протона и электрона, которую допускал Джинс, невозможна. Ошибочным оказалось и другое его предположение о том, что источником звёздной энергии может быть распад, деление сверхтяжёлых радиоактивных трансурановых элементов, хотя само предсказание их существования было справедливым.

В конечном счёте прав оказался Эддингтон, полагавший, что звёзды светят не за счёт распада тяжёлых атомных ядер, а за счёт синтеза — синтеза гелия из водорода.

В 1917 г. Джинс высказал предположение, что из-за очень высокой температуры вещество в недрах звезды полностью ионизовано. Его догадка открыла путь познанию внутреннего строения звёзд. Рассчитывая модель звезды, теперь её можно было представить в виде однородного «газа» из электронов и положительно заряженных атомных ядер, к которому из-за ничтожного объёма, занимаемого частицами, применимы законы идеального газа.

Эта гипотеза Джинса, как и его предположение о том, что перенос энергии теплопроводностью недостаточен для объяснения мощного излучения звёзд, существенно помогли Эддингтону в построении его стационарной модели звезды.

Джинс и Эддингтон во многом придерживались различных взглядов на природу звёзд. Их знаменитая по-



Он был зачислен в группу фотографирования туманностей, что соответствовало его научным интересам. Хаббл много наблюдал, но работ публиковал мало. В работе 1922 г. «Общее исследование диффузных галактических туманностей» он разделил все туманности на два типа: галактические, связанные с Млечным Путём, и внегалактические, видимые в основном в стороне от него.

В начале 20-х гг. Хаббл рассмотрел механизмы свечения диффузных и планетарных галактических туманностей. Он доказал, что диффузные туманности светят отражённым светом близлежащих горячих звёзд, а свечение планетарных туманностей сродни флуоресценции: от центральной звезды исходит интенсивное ультрафиолетовое излучение, которое затем переизлучается туманностью в видимом диапазоне спектра. Хаббл нашёл также зависимость между яркостью отражательных туманностей и блеском освещающих их звёзд.

Особый интерес Хаббл проявил к знаменитой туманности Андромеды (М31). Он получил ряд её фотографий на 60- и 100-дюймовых рефлекторах. На пластинке, снятой 4 октября 1923 г. на крупнейшем рефлекторе, внутри туманности обнаружены вспышки двух новых звёзд и одна слабая переменная звезда. Эту переменную Хаббл нашёл ещё на нескольких десятках негативов, полученных начиная с осени 1909 г. После дальнейших наблюдений и сравнения их с более ранними стало ясно, что Хаббл открыл в туманности Андромеды типичную цефеиду. Астрономам хорошо известно, как по видимому блеску определить расстояние до цефеиды. Но если она входит в состав туманности Андромеды, то становится возможным определить расстояние и до этой туманности. Хаббл оценил её удалённость в 1 млн световых лет (по современным данным, около 2 млн световых лет). Поскольку это расстояние намного превышает размеры нашей Галактики, окончательно было доказано, что спиральные туманности являются самостоятельными звёздными системами, расположенными на огромных расстояниях от Галактики и похожими на неё. Концепция островных вселенных получила блестящее подтверждение.

Впервые результаты Хаббла были доложены 1 января 1925 г. на заседании Американского астрономического общества. За это исследование он получил премию Ассоциации развития науки и его имя впервые появилось в справочнике «Кто есть кто в Америке» за 1924—1925 гг.

Хаббл продолжил исследования галактик. Он изучал их состав, структуру и вращение, их распределение



Хаббл у 48-дюймовой камеры Шмидта обсерватории Маунт-Паломар — одной из самых результативных астрокамер XX в.

БАНКИР — ДВОРНИК — АСТРОНОМ

Один из сотрудников обсерватории Маунт-Вилсон, сын крупного банкира Милтон Хьюмасон в 14-летнем возрасте бросил школу и поступил в обсерваторию дворником. Природный ум, любознательность и любовь к астрономии позволили ему самостоятельно овладеть азами науки, и он начал помогать при проведении наблюдений и в фотолаборатории, а впоследствии стал известным астрономом-наблюдателем, любимым сотрудником Хаббла.



С 1935 г. и до конца своих дней Джинс возглавлял кафедру астрономии Королевского института в Лондоне.

Сэр Джеймс Джинс скончался 16 сентября 1946 г. в своём имении Кливленд Лодж.

До последних дней жизни Джинс продолжал размышлять над философской и нравственной ролью астрономии в духовном мире человека. Он писал: «...сегодня многие начинают подозревать, что астрономия может сказать своё слово в волнующем вопросе об отношении человеческой жизни ко Вселенной, в которую она заключена, о началах, значении и судьбах человеческого рода...

Человек жаждет глубже проникнуть в прошлое и в будущее, чем это позволяет его короткое бытие на Земле. Он хочет видеть Вселенную, какой она существовала прежде, чем был человек, и какой она будет после того, как последний человек уйдёт в ту тень, из которой вышел его род».

АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ ФРИДМАН

Новые идеи в науке, высказанные слишком рано, не встречают понимания у современников, а их творцы нередко объявляются еретиками или (в лучшем случае) мечтателями. Вклад автора революционной концепции осмысливается и оценивается не сразу и часто уже за пределами его жизненного пути. Такой оказалась судьба идей российского ученого Александра Фридмана (1888—1925). При жизни и много лет после смерти в нём видели только выдающегося математика, механика и геофизика, одного из основоположников теоретической метеорологии. И лишь недавно Фридмана оценили как выдающегося космолога, наиболее смелого интерпретатора общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна, создателя *теории нестационарной Вселенной.*



Александр Александрович Фридман.

• • •

Александр Александрович Фридман родился 17 июня 1888 г. в Санкт-Петербурге в семье музыкантов. Однако уже в детстве он обнаружил неодолимую тягу к иному проявлению гармонии мира — к гармонии чисел и величин, к математике. В Петербургском университете (1906—1910 гг.) Фридман учился математике у академика Владимира Андреевича Стеклова и был оставлен при кафедре для подготовки к профессорскому званию.

Как и Стеклов, Фридман не был чистым математиком. В математике он прежде всего видел могучее средство изучения явлений природы. Сначала он обратился к метеорологии, надеясь использовать земную атмосферу как «гигантскую лабораторию природы для иллюстрации математических решений задач гидродинамики». Своим теоретическим выводам об атмосферных вихрях и течениях Фридман нашёл практическое применение —



на 1 млн парсек (3,26 млн световых лет), «убегают» от нас со средней скоростью 75 км/с, а те, что в 100 раз дальше, разлетаются в 100 раз быстрее.

Открытие Хаббла легло в основу концепции расширяющейся Вселенной. Его имя в истории науки встало в один ряд с именем Николая Коперника. Оба они совершили революционные перевороты в наших представлениях о Вселенной.

• • •

В начале 30-х гг. к Хабблу приходит мировая слава. В конце 1930 г. его лекцию слушает Альберт Эйнштейн и даёт ей высокую оценку. Весной 1934 г. Хаббл читает в Оксфорде Галлеевскую лекцию и получает степень почётного доктора наук Оксфордского университета. На основе курса лекций в Йельском университете Хаббл написал книгу «Мир туманностей», которая вышла в 1935 г. Осенью 1936 г. он читает три лекции в Оксфорде под названием «Наблюдательный подход к космологии». Под тем же названием в 1937 г. выходит вторая его книга. В 1940 г. он получил Золотую медаль Королевского астрономического общества.

Несмотря на высокое положение в американской и мировой науке, Хаббл не стремился к занятию каких-либо почётных или административных должностей. Известный астрофизик Алан Сэндидж вспоминал: «Он всю свою работу делал сам. У него никогда не было ассистентов вплоть до самого конца, когда он перенёс болезнь. Он работал очень много, и вся его жизнь была посвящена работе».

В личной жизни Хаббл не был таким замкнутым, как в работе. Среди его друзей были и английский писатель Олдос Хаксли, и великий русский композитор Игорь Стравинский, эмигрировавший из России после большевистского переворота, и артисты из Голливуда, в том числе Уолт Дисней.

Когда началась Вторая мировая война, Хаббл возглавил Южно-Калифорнийский объединённый комитет борьбы за свободу, а в октябре 1940 г. выступил с призывом о немедленной помощи Великобритании. В заключение своего призыва он сказал: «Мы все желаем мира. Но он должен быть миром с честью. Мир любой ценой — это религия рабов... Если есть урок, которому научила нас история, так это тот, что сильные люди могут решать свою собственную судьбу».

И конечно, Хаббл не ограничивался только патриотическими речами.

АЛЬФА, БЕТА, ГАММА...

Как-то раз, готовя работу к публикации, Гамов, который не мог упустить случая пошутить, заметил, что фамилии её авторов — его и Альфера — напоминают названия первой и третьей букв греческого алфавита — «альфа» и «гамма». Не хватало только «бета», и Гамов вспомнил о своём приятеле из Корнуэлла по фамилии Бете. Гамов включил его в список авторов, и теорию впоследствии так и стали называть: «альфа — бета — гамма». Бете вроде бы ничего не имел против и даже помогал обсуждать теорию, но, когда впоследствии выяснилось, что она всё-таки неверна, Гамов уверял, что до него дошли слухи, будто Бете собирается сменить фамилию. По словам Гамова, он просил своего сотрудника Германа, также работавшего над этой теорией, сменить фамилию на «Дельтер», чтобы ряд был полным, но тот «с тупым упрямством отказывался», как сокрушался Гамов.

(По книге Барри Паркера «Мечты Эйнштейна».)

Галактика Сомбреро.







Модель изотропного расширяющегося пространства.

Фридман условно назвал «временем, прошедшим от сотворения мира», отметив, что «это время может быть бесконечным». Третья модель представляла «периодическую» Вселенную: радиус кривизны её пространства возрастал от нуля до некоторой величины за время, которое Фридман назвал «периодом мира», а затем опять уменьшался до нуля, Вселенная вновь сжималась в «точку» и т. д. Этот вариант очень напоминал идеи древнеиндийских философов. Эйнштейновская модель стационарной Вселенной, как показал Фридман, представляла собой лишь частный случай решения мировых уравнений ОТО.

Таким образом, Фридман отвергал общий вывод Эйнштейна о том, что ОТО обязательно приводит к конечности Вселенной.

Результаты были опубликованы Фридманом в 1922 г. в небольшой статье в ведущем немецком журнале по теоретической физике. Они сразу же вызвали резкую критику Эйнштейна, считавшего, что результаты российского учёного ошибочны. Однако Фридман нашёл ошибку в вычислениях Эйнштейна и направил великому оппоненту письмо. В том же журнале Эйнштейн признал правоту молодого теоретика и назвал его результаты проливающими новый свет на проблему. В 1924 г. во второй своей статье Фридман рассмотрел вопрос о возможности мира с постоянной отрицательной кривизной (мир, где сумма углов треугольника всегда меньше 180°).

В работе «Мир как пространство и время» (1923 г.) Фридман первым поднимает проблему происхождения мира и «возраста» нестационарной Вселенной: «Является возможность также говорить о сотворении мира из ничего, но всё это пока должно рассматриваться как курьёзные факты, не могущие быть солидно подтверждёнными недостаточным астрономическим экспериментальным материалом... Если всё же начать подсчитывать для курьёза время, прошедшее от момента, когда Вселенная создавалась из точки, до теперешнего её состояния, начать определять, следовательно, время, прошедшее от создания мира, то получатся числа в десятки миллиардов наших обычных лет».

В наши дни, когда возраст горячей Вселенной от момента Большого Взрыва оценивается в 12—15 млрд лет, можно лишь изумиться столь меткому попаданию Фридмана в цель.

* * *

История релятивистской космологии разворачивалась уже без Фридмана: не дожив до 38 лет, не дождавшись признания астрономов-космологов, для которых он был чистым математиком, учёный скончался в сентябре 1925 г. от тифа. Его имя в космологии было надолго забыто.

Первым справедливую оценку идей Фридмана в свете новых успехов науки дал Эйнштейн в 1945 г. в книге «Сущность теории относительности»: «Его (Фридмана — *Прим. ред.*) результат затем получил неожиданное подтверждение в открытом Хабблом расширении звёздной системы... Последующее представляет не что иное, как изложение идеи Фридмана. ...Не вызывает поэтому никаких сомнений, что это наиболее общая схе-



Туманность Калифорния (NGC 1499).



ВСТУПАЯ В XXI ВЕК

Лидирующей ветвью астрономии в последние десятилетия, безусловно, была астрофизика, изучающая фундаментальные физические процессы в космических телах, рассматривая их как лабораторию с необычными физическими условиями. Прежде всего это касается экстремально высоких и низких плотностей вещества, мощных гравитационных и магнитных полей, околосветовых скоростей и гигантских энергий взаимодействующих частиц. Астрофизика доказала универсальность физических законов для всех уголков Вселенной и существенно расширила рамки лабораторной физики. Ведь только в межзвёздном пространстве встречается газ с

АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ САХАРОВ

Во всём мире знают отца русской водородной бомбы академика Андрея Дмитриевича Сахарова (1921—1989), своим «детищем» сделавшего невозможными во второй половине XX в. мировые войны. Его помнят как видного правозащитника, учителя и совесть России. Однако мало кто знает Сахарова-космолога. В науке о Вселенной он поставил такие вопросы и намёки на ответы, которые будут проверять и развивать астрономия и физика XXI века.

Сахаров впервые поставил под сомнение надёжность протона — главного кирпичика атомной Вселенной. А если протоны, пусть очень редко, всё-таки распадаются, то и Вселенная развивается по-иному. Он попытался объяснить, почему в ней нет антимиров и время течёт только в одну сторону.

Вот что пишет о своём учителе известный космолог Андрей Дмитриевич Линде: «В каждой культуре, науке, стране есть вопросы, само обсуждение которых в определённые эпохи представляется неуместным: существование Бога, правильность линии партии, четырёхмерность пространства-времени и т. д. Одной из основных особенностей А. Д. Сахарова, проявившейся одинаково ярко как в его политической деятельности, так и в научной работе, было отсутствие страха поставить вопрос, обсуждать который по какой-то причине не „полагалось“.

В конце 60-х годов основное здание космологии казалось уже почти построенным. Теория горячей Вселенной торжествовала. Всего несколько вопросов слегка омрачали спокойствие космологов: что было до возникновения Вселенной? Почему в ней нет антивещества? Почему она такая однородная в больших масштабах? Как могло получиться, что её разные части начали расширяться одновременно, если не было никакой физической возможности синхронизировать этот процесс? Однако на все эти вопросы были заранее заготовлены ответы, которые, как анальгин, не лечили, но снимали боль. Говорилось, что решения уравнения Эйнштейна нельзя продолжить за сингулярность и поэтому пытаться понять, что происходило до возникновения Вселенной, бессмысленно.

Работы А. Д. Сахарова пробили брешь в этом направлении. Значительная часть его работ по космологии связана с проблемой сингулярности и „стрелой времени“. Не может ли время повернуть вспять либо при максимальном расширении Вселенной, либо (что вероятнее) в сингулярности, где пространство-время исчезает и обычные законы физики перестают работать? Почему мы думаем, что наше пространство-время имеет три пространственных измерения и только одно временное? А что будет во Вселенной без временных направлений или там, где есть два или три направления „времени“? Возможно, мы живём как раз в такой Вселенной, но не знаем этого, ибо некоторые временные направления скрыты, и мы не можем двигаться вдоль них? Что если наша Вселенная состоит из многих областей, отличающихся друг от друга направлением времени и числом временных координат?

Отвага или безумие — задавать подобные вопросы и надеяться ответить на них? Для Андрея Дмитриевича это не было ни тем, ни другим. Он просто понимал, что такие проблемы существуют, не мог не исследовать их, не пытаться найти им решение. Таким он был и в своей научной работе, и во всех других жизненных проявлениях».





ИОСИФ САМУИЛОВИЧ ШКЛОВСКИЙ

Иосиф Самуилович Шкловский родился 1 июля 1916 г. в небольшом украинском городке Глухове. Мальчиком он очень любил рисовать: «...В детстве я был чрезвычайно далёк от всякого рода техники, испытывая к ней только чувство тоскливого отвращения. По призванию автор этих строк — художник. Я стал рисовать с помощью „подручных средств" — мела, кусочков битого кирпича (других изобразительных средств у меня не было — времена были суровые и нищета была полная) с трёх лет. С тех пор я рисовал почти всюду и везде. Вплоть до окончания физического факультета Московского университета в 1938 г. я ещё колебался в выборе жизненного призвания». С 1938 г. вся дальнейшая жизнь Шкловского была связана с Государственным астрономическим институтом имени П. К. Штернберга.

Одним из первых в нашей стране он начал заниматься радиоастрономией, исследовал механизмы радиоизлучения Солнца и Галактики.



В послевоенные годы главной темой научных изысканий Шкловского была природа солнечной короны. Согласно его теории, она разогрета до миллиона градусов, что в 200 раз выше температуры видимой поверхности Солнца (6000 К).

Ещё в 1945 г. нидерландский астроном Хендрик ван де Хюлст предсказал, что возможно наблюдать радиоизлучение атомарного водорода на длине волны 21 см. В 1948 г. Шкловский вычислил интенсивность этой предполагаемой радиолинии. На основании его вычислений в 1951 г. линия была найдена в спектре излучения и поглощения межзвёздного нейтрального газа в Галактике. И сегодня межзвёздный газ изучают в основном по радиолинии 21 см. Такие исследования позволяют выявить структуру как нашей, так и других галактик.

В 1953 г. Шкловский решил ещё одну задачу фундаментального значения. Он объяснил спектр свечения остатка сверхновой 1054 г. в Крабовидной туманности излучением энергичных электронов, движущихся почти со скоростью света в слабом магнитном поле (этот механизм излучения называется синхротронным). Такое объяснение дало возможность описать одной формулой весь спектр синхротронного излучения от рентгеновского и до радиодиапазона.

Шкловский первым понял, что планетарные туманности и белые карлики являются результатом эволюции звёзд с массой, близкой к массе Солнца: когда весь водород в звезде превращается в гелий, от неё отделяется оболочка (планетарная туманность), а ядро сжимается в очень плотную звезду размером в несколько тысяч километров.

Круг исследований Шкловского был очень широк. Он автор работ по свечению ночного неба, полярным сияниям, радиационным поясам Земли. Ему принадлежат новые идеи в изучении активных ядер галактик, квазаров, радио- и рентгеновских пульсаров. Одним из первых он оценил возможности космической техники для астрономии, несколько лет проработал в Институте космических исследований.

За внушительным перечнем научных открытий и заслуг может исчезнуть живой человек. А Шкловский был живым, даже «слишком» живым: «слишком» талантливым, «слишком» остроумным, «слишком» независимым и не признающим авторитетов. По отзыву одного из коллег, его острое слово создавало ему немало врагов. Не случайно он писал о себе: «Спасаясь от убогой реальности, я жадно увлёкся наукой. Мне очень повезло, что начало моей научной карьеры почти точно совпало с наступлением эпохи „бури и натиска" в науке о небе. Пришла „вторая революция" в астрономии, и я это понял всем своим существом. Вот где мне помогли детские мечты о дальних странах! Довольно часто я чувствовал себя этаким Пигафеттой и Орельяной, прокладывающим путь в неведомой таинственно-прекрасной стране».

Многие годы Шкловский читал лекции на астрономическом отделении физического факультета МГУ, это был блестящий педагог. Среди его учеников — два академика и один член-корреспондент Российской Академии наук, десятки докторов наук и профессоров, работающих во всех обсерваториях России и стран СНГ. Вышедшие из-под его пера научно-популярные книги — «Вселенная. Жизнь. Разум», «Звёзды: их рождение, жизнь и смерть», «Популярная радиоастрономия», «Эшелон» — принесли ему мировую славу.

Шкловский был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, членом Лондонского королевского астрономического общества, Национальной академии наук США и многих других научных сообществ. Умер он в 1985 г., не дожив и до 70 лет. На надгробии Шкловского на Востряковском кладбище в Москве высечена короткая надпись: «Астроном».



– нет решения главной проблемы: как возникла Солнечная система?

В звёздной астрономии:

– создана теория внутреннего строения звёзд; найдены методы изучения звёздных недр по вибрациям наружных слоёв звезды (*гелиосейсмология*) и путём регистрации нейтрино, рождающихся в ходе термоядерных реакций;

– в общих чертах построена картина происхождения и эволюции звёзд;

– обнаружены и изучены остатки звёздной эволюции — белые карлики и теоретически предсказанные нейтронные звёзды.

Однако пока:

– нет детальной модели Солнца, способной точно объяснить все его наблюдаемые свойства, в частности поток нейтрино из ядра;

– нет детальной физической теории некоторых проявлений звёздной активности. Например, не до конца ясны причины взрыва сверхновых звёзд; не совсем понятно, почему из окрестностей некоторых звёзд выбрасываются узкие струи газа. Однако особенно загадочны короткие вспышки гамма-излучения, регулярно происходящие в различных направлениях на небе. Не ясно даже, связаны ли они со звёздами или с иными объектами, и на каком расстоянии от нас находятся эти объекты.

В галактической и внегалактической астрономии:



Марсианский вездеход в песках Красной планеты. Миссия «Марс-Пасфайндер».

— в общих чертах выяснено строение Галактики и её основных наблюдаемых компонентов;

— изучено строение ядра Галактики, скрытого от нас огромной толщей межзвёздного газа и пыли;

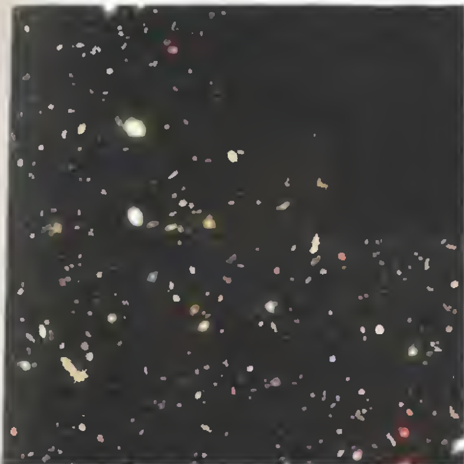
— найдены методы измерения расстояний вплоть до самых удалённых объектов Вселенной;

— изучено строение основных типов галактик и их скоплений;

— обнаружено, что скопления галактик распределены не хаотически, а образуют ещё более крупномасштабную ячеистую структуру Вселенной.

Однако пока:

— не решена проблема скрытой массы, состоящая в том, что гравитационное поле галактик и скоплений галактик в несколько раз сильнее,



◄◄ Скопление галактик.



Неитринный телескоп на дне шахты. ▼





Эдвин Пауэлл Хаббл.

хорошо играли на разных инструментах.

Эдвин много читал, увлекался фантастическими романами Жюля Верна. Он рано заинтересовался астрономией. Сестра Эдвина Элен Лейн на склоне своих дней вспоминала, что это произошло не без влияния дедушки Уильяма Гендерсона Джеймса, отца матери: «Он построил телескоп, который настолько очаровал Эдвина, что тот попросил, чтобы вместо празднования своего восьмого дня рождения ему позволили до позднего часа не ложиться спать и насмотреться в инструмент до полного удовольствия. Его желание было исполнено...».

В 1906 г. Эдвин Хаббл окончил среднюю школу и, получив стипендию, 16-летним юношей поступил в Чикагский университет. Он изучал астрономию, математику и физику. Из спортивных занятий Эдвин особенно любил футбол и бокс, причём настолько хорошо проявил себя в последнем, что тренер предложил ему переквалифицироваться в профессионального боксёра. В числе наиболее способных студентов он получил стипендию для продолжения образования в Великобритании. Однако, прибыв туда осенью 1910 г., Хаббл не стал специализироваться в области астрономии, а решил изучать в Оксфордском университете международное право.

Получив степень бакалавра права, Хаббл летом 1913 г. вернулся домой в Америку. Но его влечёт к занятиям астрономией, а не юриспруденцией. И Хаббл переезжает в Чикаго, где поступает на работу на Йеркскую обсерваторию. Она была создана благодаря пожертвованиям чикагского трамвайного магната Чарлза Йеркса, пожелавшего увековечить своё имя. Его жизнь описана Теодором Драйзером в романе «Финансист». Обсерватория, носящая его имя, была оснащена лучшими по тем временам инструментами. На ней был установлен 40-дюймовый (100-сантиметровый) телескоп — последний величайший рефрактор в мире, а также 24-дюймовый (60-сантиметровый) телескоп-рефлектор.

Первая научная работа Хаббла была посвящена собственным движениям звёзд. Его докторская диссертация называлась «Фотографические исследования слабых туманностей». Хотя тогда и было уже открыто около 20 тыс. туманностей, природа их оставалась неизвестной. Хаббл открыл 512 новых туманностей на крупномасштабных фотографиях неба. Его научные исследования прервала Первая мировая война. Хаббл к тому времени получил приглашение от директора обсерватории Маунт-Вилсон Джорджа Эллери Хейла перейти к нему на работу, чтобы начать наблюдения на новом, самом большом тогда в мире 100-дюймовом рефлекторе. К удивлению Хейла, он получил от Хаббла телеграмму: «С сожалением не могу принять Ваше предложение. Ухожу на войну».

В офицерском учебном лагере Хаббл получил звание капитана и был назначен в дивизию «Чёрный ястреб» командиром батальона. Осенью 1918 г. дивизия высадилась во Франции, но участия в военных действиях принять не успела.

• • •

После войны Хаббл вернулся в Америку в чине майора. Демобилизовавшись, он приехал в Пасадену, принял предложение Хейла и приступил к работе в обсерватории Маунт-Вилсон.

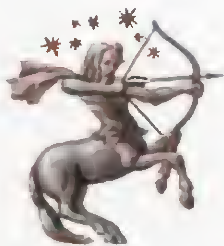




Астрономы-любители
в летней экспедиции на наблюдениях.

Но вполне возможно, что основное внимание астрономов нового поколения будут привлекать не эти проблемы. В наши дни первые робкие шаги делают нейтринная и гравитационно-волновая астрономия. Вероятно, через пару десятков лет именно они откроют перед нами новое лицо Вселенной.

Одна особенность астрономии остаётся неизменной, несмотря на её бурное развитие. Предмет её интереса — звёздное небо, доступное для любования и изучения с любого места на Земле. Небо одно для всех, и каждый при желании может его изучать. Даже сейчас, в конце XX в., астрономы-любители вносят заметный вклад в некоторые разделы наблюдательной астрономии. И это приносит не только пользу науке, но и огромную, ни с чем не сравнимую радость им самим.



ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ

«Род человеческий должен считаться с будущим пребыванием на Земле в течение срока несравненно большего, чем всякий промежуток, который мы можем вообразить.

Поскольку речь идёт о пространстве, изучение астрономии ведёт в лучшем случае к познанию подавляющей обширности мира. Поскольку речь идёт о времени, оно превращается в поучение почти беспредельной возможности и надежды. Как обитатели Земли, мы живём в самом начале времён: мы вступаем в бытие в свежих красотах рассвета, и перед нами расстилается день невообразимой длины с его возможностями почти неограниченных достижений.

В далёком будущем наши потомки, взирая с другого конца на эту длинную перспективу времён, будут считать наши века за туманное утро истории мира; наши современники будут казаться им героическими личностями, которые сквозь дебри невежества, ошибок и предрассудков пробивали себе путь к познанию истины, к умению подчинить себе силы природы, к построению мира, достойного того, чтобы человечество могло в нём жить. Мы окутаны ещё слишком густым предрассветным туманом, чтобы могли даже смутно представить себе, каким является мир для тех, кому суждено увидеть его в полном сиянии дня. Но и в том свете, который мы видим теперь, мы различаем, что и астрономия в её основе несёт с собой надежду для человеческого рода в целом и познание ответственности для каждой отдельной личности, — ответственности, так как мы создаём планы и строим основания для будущего, гораздо более продолжительного, чем нам было бы легко представить себе теперь».

(По книге Джеймса Джинса «Вселенная вокруг нас». 1929 г.)



НАУЧНАЯ ТЕОРИЯ СОЗДАЁТСЯ В КАЗИНО

В 1937—1940 гг. астрофизик Георгий Гамов (одессит, с 1934 г. живший и работавший в США) много занимался проблемой источников звёздной энергии. В апреле 1938 г. он даже созвал в Вашингтоне специальное совешание, куда пригласил лучших астрофизиков и физиков, занимавшихся ядерными реакциями. Результатом явились два важных исследования немецких астрофизиков Карла фон Вейцзеккера и Ханса Бете, в ходе которых был выявлен источник звёздной энергии — превращение водорода в гелий.

Но необходимо было установить, как отводятся избытки энергии от звезды в случае, например, звёздных вспышек. К разработке этого вопроса Гамов привлёк астрофизика М. Шенберга.

Однажды (а было это в 1940 г.) Гамов и Шенберг приехали в Рио-де-Жанейро и зашли там в казино. Учёные решили попытать счастья, выложили деньги. Вместо денег они получили специальные жетоны, которые и поставили на кон. Увы, им не повезло, они проиграли. Решив больше не рисковать, они отошли к соседнему столу, за которым не играли. Шенберг стал задумчиво чертить мелком на зелёном сукне схему: деньги превращаются в новую форму — жетоны, которые с небывалой лёгкостью покидают их владельцев.

— Позвольте! Но это же идея! Энергия, запертая в недрах звезды, может превратиться в другую форму, которая сразу же ускользает, — в нейтрино! — воскликнул Гамов.

И оба учёных, забыв обо всём на свете, прямо на игорном столе, набросали основы теории процесса, в котором в результате взаимодействия электронов с ядрами рождаются нейтринно-антинейтринные пары, покидающие звезду вместе с энергией.

Гамов назвал открытый ими ход превращений Урка-процессом (ведь открытие было сделано в «Казино де Урка»). Но кто же там, в далёкой Одессе, не знает, что урка — это вор, а урка-процесс — обычное воровство!

в пространстве и движения. Им была предложена первая научная классификация галактик по их формам, которая легла в основу современной классификации. Все внегалактические туманности Хаббл подразделил на три типа: эллиптические — E, спиральные — S и иррегулярные, неправильные, — I.

В ближайших галактиках Хаббл открыл новые звёзды, цефеиды, шаровые скопления, газовые туманности, красные и голубые сверхгиганты. Он установил шкалу внегалактических расстояний. Хаббл разработал методику оценки расстояний до самых далёких из них по их яркости.

Научная деятельность Хаббла получила высокую оценку в научных кругах. В 1927 г. он был избран в Национальную академию наук США, а Королевское астрономическое [о]бщество Великобритании избрало [его] своим действительным членом.

Хаббла интересовал вопрос об [об]щем строении нашего мира — Вс[е]ленной. Ещё в своей статье «Вне[га]лактические туманности» в 1926 г. [он] рассматривал как возможную рел[яти]вистскую модель (от *лат.* relativus — «относительный») расширяющей[ся] Вселенной голландского астроно[ма] Виллема де Ситтера. Но, не очень до[]веряя теоретикам и теории, Хаббл п[о]лагал, что только наблюдения мог[ут] привести к пониманию истинн[ой] природы вещей. В моделях расширяющейся Вселенной скорость взаим[]ного удаления галактик должна быть прямо пропорциональна расстоянию между ними. Он считал необходимым с помощью наблюдений убедиться в том, что у галактик с ростом расстояний растут и лучевые скорости. Хаббл составил список наиболее слабых галактик, которые, естественно, предполагались наиболее далёкими, и измерил их лучевые скорости. Для одной очень далёкой галактики (NGC 7616) он получил по смещениям спектральных линий в красную сторону лучевую скорость 3779 км/с. Это огромное значение сказало Хабблу о многом.

В марте 1929 г. в очередном номере «Трудов Национальной академии наук США» была опубликована статья Хаббла «Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей». Он накопил сведения о лучевых скоростях и удалённости 46 туманностей. На основе сопоставления наблюдательных данных учёный пришёл к выводу: «Далёкие галактики уходят от нас со скоростью пропорциональной удалённости от нас. Чем дальше галактика, тем больше её скорость».

$$v = H_0 r.$$

Коэффициент пропорциональности H_0 в этом законе Хаббла, где v — скорость и r — расстояние, был назван *постоянной Хаббла.* Он оценил её значение в 500 км/(с · Мпк); по современным оценкам, H_0 = 75 км/(с · Мпк). Это значит, что галактики, удалённые







Хаббл в наблюдательной камере вблизи главного фокуса зеркала 200-дюймового телескопа обсерватории Маунт-Паломар.

В армию его не взяли, но в Управлении армейской артиллерии его пригласили в исследовательский центр на Абердинском полигоне.

Американские «летающие крепости», отбомбившись, совершали посадки на аэродромах России. На обратном пути они бомбили союзников Германии Румынию и Венгрию советскими бомбами. Хаббл вспоминал: «Настоящим подвигом было создание таблиц бомбометания для русских бомб, о которых не было никаких аэродинамических данных, кроме качественного описания и формы. Эти таблицы использовались на наших бомбардировщиках, когда они ложились на обратный курс после приземления на русской территории».

Эта работа Хаббла была высоко оценена правительством США. Он был награждён в 1946 г. медалью «За заслуги». Такую же медаль получили учёные, руководившие в Америке созданием атомного оружия.

В новых условиях Хаббл понял, что человеческая цивилизация не сможет пережить ещё одну мировую войну. В 1946 г. он выступил в Лос-Анджелесе с речью «Война, которая не должна случиться». Хаббл, в частности, сказал: «Даже если это против наших желаний, чтобы выжить, мы вынуждены сотрудничать друг с другом. Война или самоуничтожение – эти понятия мы должны считать синонимами...». Он считал, что человечество выживет, только если создаст мировое правительство с сильной международной полицией.

* * *

И после войны главным для Хаббла, конечно, осталась научная работа, в которую он сразу же включился, вернувшись на обсерваторию. Он планировал подготовить «Атлас галактик». Но закончить эту работу он не успел. Не удалось ему провести и широкую программу наблюдений на новом 200-дюймовом (5-метровом) телескопе-рефлекторе на обсерватории Маунт-Паломар. Этот телескоп вступил в строй 26 января 1949 г. Первый негатив на новом телескопе был получен Хабблом. Но уже в июле он слёг с тяжёлым инфарктом. Могучий организм учёного, казалось, справился с недугом. Он вновь приступил к наблюдениям. Вместе с Сэндиджем он обнаружил новый, неизвестный ранее науке тип переменных звёзд, так называемых объектов Хаббла — Сэндиджа. Авторы направили статью в печать в конце июня 1953 г., а вышла она в ноябре, когда Эдвина Хаббла уже не было в живых. Он скоропостижно скончался 28 сентября 1953 г.

Алан Сэндидж так вспоминал о Хаббле: «Абсолютная сила духа, моральная стойкость, никаких безрассудств, дворянин по облику».



держках можно получить такие детали, которые простым глазом не разглядеть ни в какой телескоп. Конечно, сделать самому хорошие астрофотоснимки нелегко — нужны и оборудование, и навыки, но книги и журналы по астрономии часто публикуют потрясающе красивые фотографии небесных светил. Некоторые из них вы найдёте и в этой книге.

Многие, однако, простым созерцанием не удовлетворяются. В человеке кроме прочего живёт страсть к познанию, стремление понять, как устроен окружающий его мир, какова связь составляющих его частей. Ответы на эти вопросы пытается дать наука, получая информацию из наблюдений и экспериментов и используя в качестве инструмента человеческий разум, способный к анализу и обобщению. Астрономические наблюдения являются важной составной частью этого процесса.

Наблюдение отличается от эксперимента более пассивной ролью участвующего в нём человека. Экспериментатор сам создаёт некоторые условия и анализирует реакцию природы на его действия. Но попытка создать условия для звёзд и галактик заведомо бессмысленна. Вот почему астрономия в течение веков оставалась наукой чисто наблюдательной. Лишь в последние десятилетия учёные получили возможность активного эксперимента с некоторыми небесными телами при помощи космических зондов.

Пассивность наблюдателя вовсе не означает отсутствие постановки проблем. Наоборот, именно целеустремлённость, направленность на решение какого-то вопроса и отличает наблюдение от простого любования небом. Важные и крупные вопросы устройства мироздания ставят и пытаются решить астрономы-профессионалы. Но многие интересные детали вполне доступны исследованиям любителей, в том числе и тех, кто только начинает читать великую книгу неба. Например, изменение блеска некоторых переменных звёзд, численность частиц, формирующих метеорные потоки, особенности серебристых облаков по сей день в значительной мере исследуются любителями.

Всякое, даже любительское научное исследование включает в себя некоторые обязательные элементы. Прежде всего это постановка задачи. Какое явление мы собираемся исследовать? Какие его стороны для нас существенны? На какие вопросы мы хотели бы получить ответы?

Затем выбираем метод исследования. Какие наблюдения мы должны выполнить? Какие инструменты для этого нужны? Какие характеристики следует фиксировать? С какой точностью?

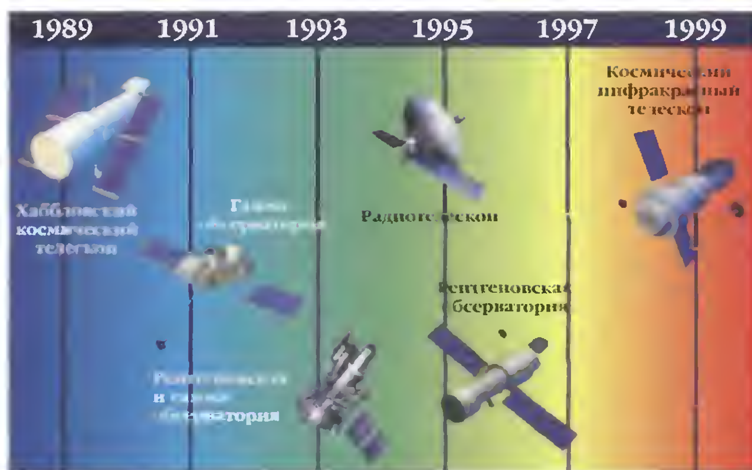
Следующий этап — обработка наблюдений. Ещё Галилей сказал, что книга природы написана на языке





▲ ▲ Астрономическая обсерватория.

▲ Зодиакальный свет — рассеяние солнечного света на пылевых метеорных частицах. Наблюдается на востоке утром до восхода Солнца либо на западе после его захода.



▲ Космические обсерватории XX в.



▶▶ Управлять телескопом современным наблюдателям помогают компьютеры.

плотностью в миллиарды миллиардов раз меньшей, чем у комнатного воздуха. И только изучая нейтронные звёзды, можно узнать свойства вещества в тысячи миллиардов раз более плотного, чем свинец. Астрофизика вывела земную физику на новые рубежи.

Но в последние годы по числу открытий с астрофизикой начинают соперничать традиционные ветви астрономии. Множество неожиданных находок сделано исследователями Солнечной системы, обнаружены планеты у соседних звёзд. Даже в такой древней науке, как астрометрия, с появлением орбитальных обсерваторий начался стремительный прогресс.

Компьютеры изменили лицо астрономии. Астрономы, совершенно лишённые возможности экспериментировать со своими объектами, теперь ставят численные эксперименты; в недрах компьютеров «взрываются сверхновые звёзды и сталкиваются галактики».

Астрономические наблюдения сегодня невозможно представить без компьютера, управляющего телескопом и приёмной аппаратурой, хранящего результаты наблюдений и обрабатывающего их; теперь так работают не только профессионалы, но и многие любители.

Компьютерные сети позволили практически всем желающим включиться в научную работу: сейчас можно получать результаты наблюдений с любой обсерватории мира — наземной или космической — и самостоятельно обрабатывать их. Можно, не выходя из дома, проводить наблюдения на специальных автоматизированных телескопах, которых становится всё больше.

Электронная связь сделала реальностью давнюю мечту астрономов, превратив их всех, профессионалов и любителей, в единый всемирный коллектив исследователей Вселенной.

ВАЖНЕЙШИЕ ОТКРЫТИЯ В АСТРОНОМИИ XX ВЕКА

В планетной астрономии:

— построена релятивистская теория движения планет, позволяющая вычислять их положения на многие тысячелетия вперёд и назад;

— в общих чертах исследована природа всех планет, а поверхности Луны, Венеры и Марса подвергнуты прямому изучению;

— перестали быть таинственными астероиды и ядра комет, вот-вот начнётся их прямое зондирование;

— открыты планетные системы у других звёзд.

Однако пока:

— нет решения многих частных проблем космогонии: как сформировалась наша Луна, как образовались кольца вокруг планет-гигантов, почему Венера вращается очень медленно и в обратном направлении?



ГЛАЗ — ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ НАБЛЮДАТЕЛЯ

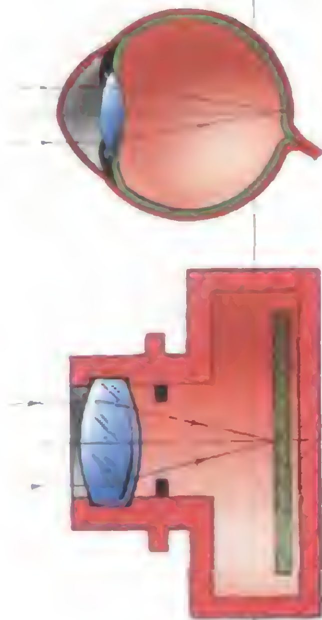
Подавляющее большинство наблюдений, которые любитель астрономии проводит в своей обсерватории, являются визуальными, т. е. выполняются при помощи глаз. Даже фотографируя звёздное небо камерой, установленной на телескопе с часовым механизмом, наблюдателю приходится время от времени заглядывать в окуляр, чтобы удостовериться в точности работы привода и, если потребуется, скорректировать наводку телескопа (иными словами, *гидировать*). Каждому наблюдателю полезно знать устройство своего глаза, его реальные и потенциальные возможности.

Человеческий глаз по праву можно назвать уникальным наблюдательным инструментом, дарованным нам природой. Не случайно устройство современного автоматического фотоаппарата во многом схоже со строением глаза.

«Объективом» глаза являются роговица (прозрачная передняя часть наружной оболочки глаза) и эластичный студенистый хрусталик. За счёт сжатия и растяжения особых мышц происходит изменение формы хрусталика. В результате мы всегда видим чёткие изображения тех предметов, на которые смотрим. Эта способность глаза называется аккомодацией (*лат.* «приспособление»). Однако мышцы могут устать, и как следствие — зрение ухудшится. Поэтому при наблюдениях не надо напрягать зрение, пытаясь рассмотреть объект получше, а повышения качества видимости следует добиваться с помощью фокусировочного устройства окуляра. Необходимо также помнить, что при наблюдениях небесных объектов резкость изображения зависит и от состояния атмосферы.

Хрусталик, как и любой объектив, создаёт на внутренней поверхности глаза перевёрнутое изображение, а в прямое его обращает мозг. Но прежде требуется преобразовать изображение в понятный ему вид, т. е. в восприятие. Данным преобразованием занимается покрывающая почти всю внутреннюю поверхность глаза сетчатка. Она, как можно понять из названия, имеет сетчатую структуру и состоит из двух видов нервных клеток, именуемых палочками и колбочками. Можно сказать, палочки и колбочки выполняют ту же функцию, что и плёнка в фотоаппарате, — регистрируют изображение.

Колбочки обладают малой чувствительностью к свету, зато от них зависит передача мозгу информации о цвете. Палочки же, напротив, позволяют видеть при очень малой освещённости, почти в темноте, но при этом не различают цветов. Этот факт великолепно отражает поговорка «ночью все конки серы». Но это ещё не всё. Колбочки наиболее чувствительны к зелёным лучам с длиной волны 555 нанометров (нм; 1 нм = 10^{-9} м). При малых яркостях свет воздействует только на палочки. Тогда максимум чувствительности глаза смещается в сторону коротких волн и приходится на длину волны 510 нм. Это смещение носит название эффекта Пуркинье. На



Ход лучей в глазу человека и в фотоаппарате.

Какова же высшая польза от глаз, ради которой Бог их нам даровал?

По моему разумению, глаз — это источник величайшей для нас пользы. Мы не смогли бы сказать ни единого слова о природе Вселенной, если бы никогда не видели ни звёзд, ни Солнца, ни неба. Поскольку же день и ночь, круговороты месяцев и годов, равноденствия и солнцестояния зримы, глаза открыли нам число, дали понятие о времени и побудили исследовать природу Вселенной, а из этого возникло то, что называется философией и лучше чего не было и не будет подарка смертному роду от богов. Я утверждаю, что именно в этом высшая польза очей. Стоит ли воспевать иные, маловажные блага? Ведь даже чуждый философии человек, ослепнув, примется стенаньями напрасными оплакивать потерю глаз.

Как бы то ни было, нам следует считать, что причина, по которой Бог изобрёл и даровал нам зрение, именно эта: чтобы наблюдали разумные круговращения в небе, извлекали пользу для круговращения нашего мышления, которое сродни небесному, хотя в отличие от небесного — невозмутимого — оно подвержено возмущению. А поэтому мы должны, подражая безупречным круговращениям божественной Вселенной, упорядочить непостоянные круговращения внутри нас.

(Платон. Тимей. IV в. до н. э.)



чем это может обеспечить наблюдаемое вещество. Вероятно, бо́льшая часть вещества Вселенной до сих пор скрыта от астрономов;

— нет единой теории формирования галактик;

— не решены основные проблемы космологии: нет законченной физической теории рождения Вселенной и не ясна её судьба в будущем.

Таковы итоги астрономии XX века.

А ЧТО ДАЛЬШЕ?

Вот некоторые вопросы, на которые астрономы надеются получить ответы после 2000 года.

— Существуют ли у ближайших звёзд планеты земного типа и есть ли у них биосферы (есть ли на них жизнь)?

— Какие процессы способствуют началу формирования звёзд?

— Как образуются и распространяются по Галактике биологически важные химические элементы, такие, как углерод, кислород?

— Являются ли чёрные дыры источником энергии активных галактик и квазаров?

— Где и когда сформировались галактики?

— Будет ли Вселенная расширяться вечно, или её расширение сменится коллапсом?

УЧЕНИЕ ДОМА И В ШКОЛЕ. КНИГИ

С нового, 1934-го, года мои родители взяли меня из школы и устроили ускоренное прохождение программы за пятый и шестой классы, чтобы я смог сдать экзамены. Это были напряжённые и важные для меня в умственном отношении месяцы. Папа — преподаватель физики — занимался со мной физикой и математикой, мы делали простейшие опыты, и он заставлял аккуратно их записывать и зарисовывать в тетрадку. Я, как мне кажется, понимал всё с полуслова. Меня очень волновала возможность свести все разнообразные явления природы к сравнительно простым законам взаимодействия атомов, описываемым математическими формулами.

Я не вполне понимал, что такое дифференциальные уравнения, но что-то уже угадывал и испытывал восторг перед их всесилием. Возможно, из этого волнения и родилось стремление стать физиком. Конечно, мне безмерно повезло иметь такого учителя, как мой отец...

Весной 1934 года я вместе со своими будущими одноклассниками держал экзамены за 6-й класс. После полугода домашних занятий это показалось мне лёгким делом (потом учителя рассказывали моим родителям, что их поразили не столько мои знания, сколько манера держаться свободно и непринуждённо...).

В 7-м классе я начал дома делать физические опыты. Из оптических опытов меня больше всех занимали опыты с поляроидами, с флюоресцирующими растворами, кольца Ньютона. Наблюдал с биноклем двойные звёзды, спутники Юпитера. Я часто бегал в обсерваторию планетария.

Ещё большее значение имели для меня научно-популярные, научно-развлекательные, научно-фантастические, а потом — в 9—10-м классах — и некоторые вполне научные книги. Это было моё любимое чтение! Я по многу раз перечитал почти все книги известного популяризатора науки и пропагандиста космических полётов Я. И. Перельмана («Занимательная физика», «Занимательная геометрия», «Занимательная астрономия», «Межпланетные перелёты» и другие). Это были прекрасные книги, очень многому научившие и доставившие радость нескольким поколениям читателей.

Немного позднее я прочитал Джеймса Джинса «Вселенная вокруг нас», оказавшую на меня большое влияние; Макса Валье «Космические полёты как техническая возможность».

Десятый класс я закончил «отличником». Как отличник я имел право поступить в вуз без экзаменов. Осенью 1938 года я поступил на физический факультет МГУ, тогда, вероятно, лучший в стране. Уже потом от своих однокурсников я наслушался об ужасах приёмных экзаменов, об огромном конкурсе; я думаю, что, вернее всего, не прошёл бы этого жестокого и часто несправедливого отбора, требовавшего к тому же таких психологических качеств, которыми я не обладал.

(По книге А. Д. Сахарова «Воспоминания». 1990 г.)





сетчатке, приходятся на одну и ту же палочку или колбочку, наблюдателю кажется, что он видит одну звезду. Если же эти изображения попадут на две соседние клетки, то наблюдатель будет видеть уже не точку, а вытянутое пятнышко и сможет судить о двойственности звезды. Зная размеры колбочек и палочек (несколько тысячных долей миллиметра) и фокусное расстояние хрусталика (около 25 мм), легко определить разрешающую способность глаза: она приблизительно равна 1′, т. е. 1/30 части лунного диска, видимого с Земли.

Два глаза позволяют человеку видеть окружающий мир в объёме (стереоскопическое зрение). Благодаря этому мы можем судить о размерах наблюдаемых предметов и расстояниях до них. Однако в зрительном центре мозга восприятие, идущее от одного глаза, преобладает над тем, что поступает от другого. Глаз, имеющий такое преимущество, называется ведущим. Именно этим глазом необходимо смотреть в окуляр телескопа или подзорной трубы при наблюдениях. Определить ведущий глаз несложно. Если, глядя обоими глазами, заслонить от себя свет лампочки вертикально стоящим карандашом, то тень от него обязательно упадёт на ведущий глаз. Интересно, что результат столь нехитрого опыта никоим образом не зависит от количества повторений.

Ко всем перечисленным свойствам глаза следует добавить и ещё одно — возможность совершенствоваться. Взглянув впервые в телескоп на Юпитер или Марс, наблюдатель может разочароваться, поскольку не увидит на размытом диске ни единой детали. А через несколько месяцев систематических наблюдений он будет уверенно находить на планетах большинство деталей, доступных его телескопу. Минимальная разница в блеске двух звёзд, которую способен заметить новичок, составляет около 0,5 звёздной величины. Но если он серьёзно займётся наблюдениями переменных звёзд, то уже к концу сезона наблюдений эта разность снизится до 0,1 звёздной величины!

СВОЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Астрономия — наблюдательная наука, черпающая знания из бескрайнего океана Вселенной. Наука, в которой подавляющее большинство открытий было сделано не в кабинете или лаборатории, а под звёздным небом, у окуляра телескопа. В наше время источник открытий не иссяк, даже наоборот, благодаря упорному труду наблюдателей он превращается в мощный поток. Так что если у вас возникло желание приобщиться к изучению звёздных миров, смело вступайте в армию наблюдателей! Для этого вам потребуется оборудовать собственную обсерваторию. И поверьте, что это не так сложно, как может показаться.

Современная обсерватория представляет собой единый научно-технический комплекс приборов и инструментов, наблюдательных методов, средств обработки и хранения информации. Конкретный состав этих элементов всецело зависит от специализации обсерватории. Если обсерватория астрометрическая,



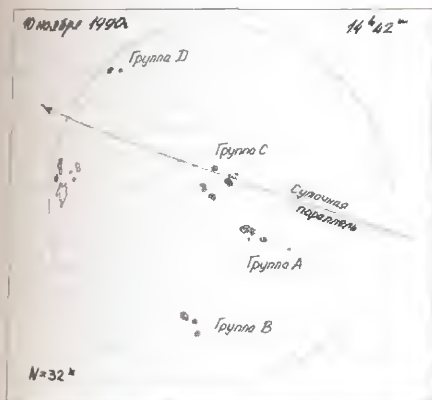
300-миллиметровый телескоп-рефрактор обсерватории Московского планетария.





ЗВЁЗДНОЕ НЕБО НАД НАМИ





Обзор солнечной поверхности с малым увеличением. Зарисовка на солнечном экране.

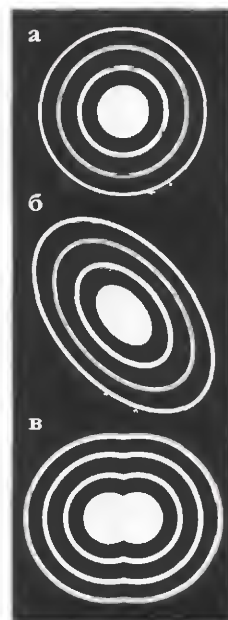
бинокля или монокуляра в первую очередь обратите внимание на значение апертуры. Помните: чем она больше, тем более слабые небесные объекты вы сможете рассмотреть. Увеличение совместно с апертурой определяет поле зрения бинокля. При одинаковых апертурах прибор с большим увеличением будет обладать меньшим полем зрения. Кстати, это утверждение справедливо и для телескопов.

Наблюдая даже в простейший театральный бинокль «с рук», вы вскоре заметите, что изображение сильно колеблется и практически невозможно зафиксировать взгляд на объекте. Причина в том, что руки устают и начинают дрожать. Бинокль увеличивает эти подрагивания, и наблюдения крайне затрудняются. Чтобы избежать этого, нужно изготовить подставку для бинокля. Самый простой вариант — прямоугольная фанерная площадка на опоре подходящей высоты. Если установить бинокль на фотоштативе, он будет легко и быстро наводиться на выбранный объект. Ну а приладив к такой конструкции короткофокусный фотоаппарат и используя бинокль в качестве гида, вы сможете получать неплохие снимки звёздных полей.

Число небесных объектов и явлений, доступных для наблюдений в бинокль или монокуляр, заметно возрастает по сравнению с видимыми невооружённым глазом. Помимо переменных звёзд смело включайте в программу наблюдений кометы, звёздные скопления, туманности, яркие галактики, лунные и солнечные затмения. Вы станете свидетелем явлений в системе спутников Юпитера и сможете следить за изменением положений пятен на диске Солнца. Только помните, что **даже в театральный бинокль нельзя смотреть на Солнце без специальных светофильтров!** А лучше всего установить бинокль на штативе и оборудовать его солнечным экраном. Зарисовки солнечной поверхности, сделанные на экране, в любом случае точнее выполненных по наблюдениям непосредственно в бинокль.

Но, несмотря на всю романтичность «прогулок» по звёздному небу с биноклем, главным инструментом при изучении его сокровищ является телескоп. Даже небольшой любительский телескоп с апертурой 80 мм обладает всеми атрибутами своих больших собратьев. Его труба закреплена на устойчивом штативе или колонне, механизмы поворота вокруг осей снабжены зажимными ключами и винтами точных движений, в комплект телескопа входит набор сменных окуляров, светофильтров и т. д. Сейчас в продаже имеются прекрасные инструменты для любителей: зеркальные телескопы «Мицар» и «Алькор», менисковый (зеркально-линзовый) «Интес», а также широкий выбор зрительных труб. Закреплённая должным образом на штативе, труба вполне может заменить телескоп в обсерватории начинающего астронома. Если по тем или иным причинам вам не удаётся приобрести телескоп заводского изготовления, то при достаточном усердии вы можете сами сделать довольно хороший телескоп-рефлектор. Вопрос постройки самодельного телескопа детально освещён в литературе для любителей астрономии.

Главный оптический элемент телескопа — объектив. Он может быть как зеркальным (в телескопах-рефлекторах), так и линзовым (в рефракторах). Независимо от



Дифракционные изображения звезды при наблюдении в телескоп:
а — идеальная картина;
б — изображение, искажённое ошибками телескопа;
в — изображение двойной звезды, находящейся на пределе разрешения телескопа.



Монокуляр на штативе, оборудованный для наблюдения Солнца.





НАЧАЛА НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ НАУКИ

ЛЮБОВАТЬСЯ ИЛИ НАБЛЮДАТЬ?

> Картина звёздного неба всё ещё остаётся самою величественною изо всех картин, а книга о небе — самою занимательною из всех книг. Будем же любоваться этой картиной и вглядываться в неё всё пристальнее и пристальнее будем читать эту книгу, чтобы стать разумнее, благороднее, нравственнее и совершеннее.
>
> *К. Фламмарион*

Любоваться звёздным небом или наблюдать? А почему, собственно, нужно выбирать? Нельзя ли заниматься и тем и другим? Оказывается, можно. Но не одновременно.

Прекрасный и таинственный мир светил воздействует на разные свойства человеческой души. Созерцание звёздного купола над головой рождает у человека высокие мысли и чувства, отвлекает от мелких повседневных забот, пробуждает представления о вечном. Среди искусств свойство обращать мысли к высокому принадлежит поэзии, и у каждого настоящего поэта вы обязательно найдёте образы, навеянные созерцанием неба. В русской поэзии этот мотив прослеживается от Ломоносова, совмещавшего в своей жизни поэтическое любование небом с научными наблюдениями светил, до наших современников, которым, правда, всё труднее общаться с небом из-за обилия городских огней.

Телескоп открывает взору картину ещё более впечатляющую. С его помощью можно увидеть объекты, недоступные невооружённому глазу: туманности, двойные звёзды, звёздные скопления, далёкие галактики. Но гораздо бóльшие возможности у фотографии. Фотоплёнка обладает свойством накапливать действие света, и на фотографиях при длительных вы-



просу как можно серьёзнее. Помните: даже при наблюдениях с телескопом или биноклем основным регистрирующим прибором остаются ваши глаза. Берегите их от посторонних засветок. Использование слишком яркого фонарика подвергнет привыкшую к темноте сетчатку настоящей световой атаке, и вы потратите бесценное наблюдательное время на повторную адаптацию зрения.

Известный французский наблюдатель двойных звёзд Поль Куто считает, что астроном во время наблюдений должен довольствоваться светом, который падает с неба. Если вы житель большого города, то вполне можете воспользоваться его советом. А для удобства ведения записей сделайте такое нехитрое приспособление. Возьмите папку от скоросшивателя и вырежьте в ней ряд длинных прямоугольных отверстий. Вложите в папку лист бумаги и закрепите его скрепкой. Теперь можно писать даже в полной темноте. Края прорезей направят вашу руку и не позволят перекосить строки, так что впоследствии вам будет проще разбирать свои ночные записи.

Если же вы решили непременно обзавестись фонариком, то подбирайте не слишком яркий, желательно с регулируемым уровнем накала. Полезно будет обтянуть его стекло тёмно-красной плёнкой. А ещё лучше сделать фонарик самому. Возьмите светодиод с красным свечением, подходящую батарейку, пару проводов, вооружитесь фантазией — и вы станете обладателем прекрасного фонарика, полностью удовлетворяющего вашим требованиям.

ОБРАБОТКА ФОТОМАТЕРИАЛОВ

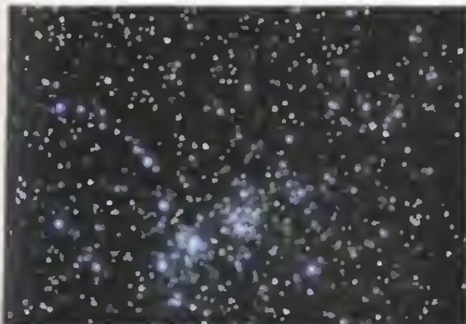
Тому, кто намерен заняться астрофотографией, стоит подумать о своей небольшой фотолаборатории. Конечно, цветные негативные и слайдовые плёнки лучше отдавать для проявки в фотоцентры, но чёрно-белую плёнку несложно обработать самому. Кроме того, со временем, приобретя достаточный опыт, вы, возможно, захотите испытать нестандартные рецепты проявителей или методы повышения чувствительности плёнки после съёмки (гиперсенсибилизацию).

В целом приёмы обработки астрономических фотоплёнок мало отличаются от обычных. Особое внимание здесь следует уделять точному соблюдению температурных и временных режимов проявления, тщательно промывать плёнку после каждого процесса. Сушите плёнку в наименее запылённых местах, поскольку каждая пылинка на негативе впоследствии может быть принята за новую звезду или комету. Поэтому негативы вообще следует предохранять от пыли. Лучше всего высохшую плёнку сразу же разрезать на несколько полосок и хранить их в конвертах из кальки. Только не забудьте пронумеровать каждый кадр в соответствии с вашими записями. Это делают карандашом со стороны эмульсии плёнки или тушью со стороны подложки. Во избежание путаницы плёнке тоже присвойте номер и укажите его на конверте вместе с датой съёмки.

Обязательно заведите специальный журнал, в который будете заносить сведения о каждой пленке: её порядковый номер, тип, светочувствительность, дату съёмки, условия обработки, а также сведения о каждом кадре — его номер, время, выдержку, область неба в поле кадра, достигнутую на негативе предельную звёздную величину. Если вы пользовались гидированием, не забудьте указать ведущую звезду. Все эти сведения вы почерпнёте из своего журнала наблюдений.

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

Каждое астрономическое явление уникально. Не бывает двух одинаковых солнечных затмений или покрытий Марса Луной, многие же события на небе вообще происходят только





◄◄ Звёздные скопления χ и h Персея. Любительский снимок.

◄ Туманность Андромеды. Любительский снимок.



Полночных солнц к себе нас манят светы...
В колодцах труб пытливый тонет взгляд.
Алмазный бег вселенные стремят:
Системы звёзд, туманности, планеты.

От Альфы Пса до Веги и от Беты
Медведицы до трепетных Плеяд —
Они простор небесный бороздят,
Творя во тьме свершенья и обеты.

О, пыль миров! О, рои священных пчёл!
Я исследил, измерил, взвесил, счёл,
Дал имена, составил карты, сметы...

Но ужас звёзд от знанья не потух.
Мы помним всё: наш древний, тёмный дух,
Ах, не крещён в глубоких водах Леты!

(Максимилиан Волошин.
Из венка сонетов «Corona astralis». 1909 г.)

математики и тот, кто хочет её прочесть, должен владеть этим языком. Математическая обработка наблюдений — это переход от зафиксированных при наблюдениях параметров к тем, которые описывают физическую сущность исследуемых явлений. Результаты наблюдений должны быть представлены в виде формул, таблиц, графиков.

Далее следует проанализировать результат. Насколько достоверны полученные нами данные? Согласуются ли они с теми, что получены в этой области другими исследователями, или противоречат им? Что нового удалось выяснить?

В астрономии важное значение имеют длительные однородные ряды наблюдений какого-либо объекта или явления, например метеорного потока или тёмных полос на Юпитере. Именно такие наблюдения помогают выяснить, как изменяются свойства астрономических объектов со временем.

Каждое астрономическое наблюдение необходимо документировать. Запись о нём должна быть чёткой и ясной, чтобы любой человек, в руки которого она попадёт, смог установить, кто, когда, с помощью каких инструментов и в каких условиях производил наблюдения, какие параметры он зафиксировал.

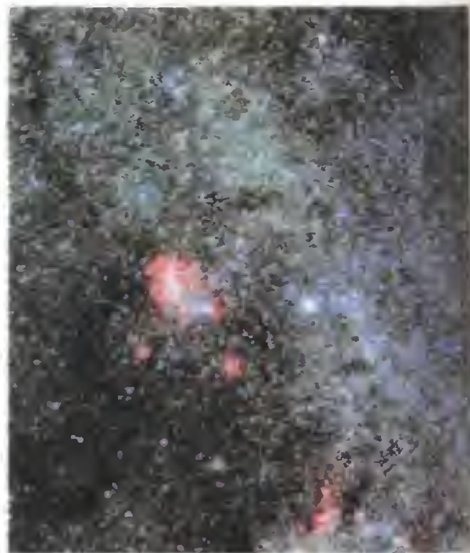
От наблюдателя требуется предельная сосредоточенность на решении намеченных задач. Это не оставляет места эмоциям, сколь бы впечатляющи ни были наблюдаемые явления. Вот мы и пришли к необходимости выбора, о котором говорили в самом начале — любоваться или наблюдать.

Главное — заранее определить для самого себя, чем будешь заниматься. А дальше нужно действовать уже в соответствии с этим решением.

▸▸ Участок Млечного Пути в созвездии Центавра.

Сириус и созвездие Ориона на вечернем небе. ▾

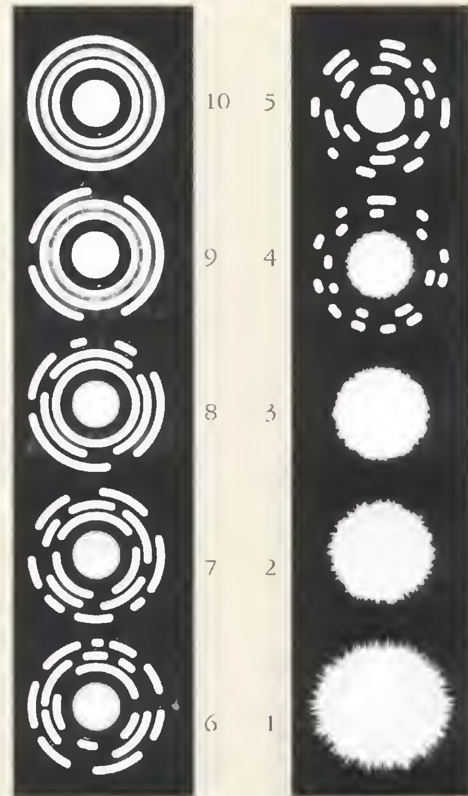






ШКАЛА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Балл	Вид изображения звезды	Качество
10	Все дифракционные кольца неподвижны и видны вполне отчётливо	Идеальное
9	Дифракционный диск резкий, внутреннее кольцо неподвижно, временами неподвижно второе кольцо	Прекрасное
8	Диск всё время виден резко; движутся дуги нескольких колец	»
7	Диск временами виден отчётливо; движутся дуги колец	Хорошее
6	Диск и короткие отрезки дуг видны постоянно	»
5	Диск виден всё время; дуги видны часто	Посредственное
4	Диск виден часто; у ярких звёзд временами видны короткие дуги	»
3	Диска не видно, изображение имеет диаметр третьего кольца	Плохое
2	Диаметр изображения по временам больше диаметра третьего кольца	»
1	Изображение звезды — «плюшка»: его размеры вдвое больше диаметра третьего кольца	Очень плохое



КАК ОРГАНИЗОВАТЬ НАБЛЮДЕНИЯ

Когда обустройство обсерватории закончено, можно приступать к наблюдениям. Любое наблюдение обязательно состоит из трёх последовательных этапов: подготовки, собственно наблюдений и обработки результатов.

Подготовка к наблюдениям — это «взлётная полоса», с которой начинается ваше путешествие к небесным светилам. С короткой и неухоженной полосы далеко не улетишь, поэтому не поленитесь и основательно подготовьтесь к предстоящей наблюдательной ночи.

Прежде всего вам не обойтись без программы наблюдений. Грамотно составленная программа поможет рационально использовать время, повысит эффективность и даже в некоторой степени ценность ваших наблюдений. Программа должна содержать список интересующих вас небесных объектов и явлений с указанием способов наблюдений и необходимых для этого приборов. По сути дела она представляет собой маленький специализированный астрономический календарь. Программы могут быть как долгосрочными, рассчитанными на сезон наблюдений, так и краткосрочными — на одну ночь.

Чтобы разработать программу наблюдений, потребуются астрономический календарь и подвижная карта звёздного неба. Согласуясь с календарём, составьте перечень небесных объектов и явлений, которые вы





Строение глаза. На врезке показано строение сетчатки.

практике эффект Пуркинье приводит к тому, что при сравнении двух одинаково ярких цветных звёзд красная всегда будет выглядеть ярче голубой. И наоборот, из двух слабых звёзд голубая будет казаться ярче красной.

Многолетняя практика наблюдений показывает, что в сумерках красные звёзды выглядят на 1 — 1,5 звёздной величины ярче, чем на самом деле. Это явление также вызвано эффектом Пуркинье, и его необходимо учитывать наблюдателям переменных звёзд.

Благодаря палочкам в тёмную ночь вдали от городских огней человек может видеть на небе звёзды до 6-й звёздной величины. В высокогорных районах, где воздух прозрачнее и чище, этот предел опускается ещё на полторы-две величины. Однако надо помнить, что такие результаты достижимы лишь после того, как глаз адаптируется к темноте. Сразу после выхода из освещённого помещения на ночном небе можно различить только наиболее яркие звёзды. А примерно через 40 мин глаз достигает своей максимальной чувствительности, которая в 200 тыс. раз выше дневной.

Наблюдения в телескоп в современной обсерватории.



Помимо описанной адаптации к темноте глазу свойственна и световая адаптация. Она происходит значительно быстрее: после резкого увеличения освещённости чувствительность глаза снижается, но уже через 5—8 мин достигает постоянного значения.

Особенности адаптации зрения необходимо учитывать уже при планировании предстоящих наблюдений. В первую очередь следует наблюдать слабые туманности, переменные звёзды или кометы, а все яркие объекты, такие, как Луна, Венера, Юпитер и т. д., лучше оставлять на потом. Такой подход избавит вас от появления ошибок, связанных с частыми изменениями состояния глаза (когда яркие объекты наблюдаются вперемежку со слабыми), и, кроме того, в какой-то степени убережёт сетчатку от перенапряжения.

Колбочки и палочки неравномерно распределяются по поверхности сетчатки. В центре её больше колбочек, палочки же концентрируются по краям. Этим обусловлен так называемый эффект бокового зрения. Суть его в том, что слабая звезда видна лучше, если взгляд направлен не прямо на неё, а немного в сторону. Эффект бокового зрения часто используется при наблюдениях слабых галактик и туманностей.

Наконец, на поверхности сетчатки существуют две особые области, обладающие специфическими свойствами. Первая из них по праву называется слепым пятном, поскольку не содержит ни колбочек, ни палочек, т. е. абсолютно невосприимчива к свету. В этом месте в глаз входит зрительный нерв — связующее звено между сетчаткой и мозгом. Вторая особая область сетчатки носит название жёлтого пятна. Здесь сосредоточены только колбочки. Жёлтое пятно является местом наибольшей разрешающей способности глаза.

Способность видеть раздельно два близко расположенных предмета всецело определяется размерами светочувствительных клеток. Действительно, если изображения двух близких звёзд, построенные хрусталиком на



рерыва, его продолжительность и причины — такая информация тоже немаловажна. Может случиться и так, что усталость не проходит. Тогда заканчивайте наблюдения и хорошенько выспитесь. Лучше пожертвовать несколькими часами наблюдательного времени, чем весь день ходить с головной болью.

Вот почему всегда удобнее наблюдать вдвоём или группой. Пока один наблюдатель занят у телескопа, второй отдыхает, чтобы затем сменить товарища. Это сэкономит и силы, и время обоих наблюдателей. Кроме того, точность, а стало быть, и ценность групповых наблюдений существенно выше.

* * *

В короткой статье невозможно отразить все нюансы наблюдательной астрономии, дать советы на каждый конкретный случай. К тому же ничто не учит лучше, чем собственный опыт. Поэтому последний совет будет предельно краток: наблюдайте! Наблюдайте больше и чаще. И небо вознаградит вас за терпение и настойчивость, открыв самые потаённые свои сокровищницы.

Удачи!

ОБСЕРВАТОРИЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО КОЛЛЕКТИВА

У одного человека иногда не хватает времени для наблюдения всех интересующих его объектов и явлений и их обработки. Поэтому, если есть возможность стать членом астрономического клуба или кружка, ею непременно стоит воспользоваться. Такие клубы и кружки обычно организуются при школах, домах творчества, планетариях, а иногда и во дворах.

Возможностей у коллектива как правило больше, инструментарий богаче, а значит, и круг решаемых задач значительно шире. Обсерватория кружка телескопостроения — это испытательный полигон для создаваемых приборов; обсерватория клуба юных астрономов — учебная аудитория, в которой делаются первые шаги на пути познания Вселенной; обсерватория группы наблюдателей становится исследовательской лабораторией. И подобных примеров можно привести немало.

Помимо помещения для теоретических занятий обсерватории коллектива астрономов-любителей необходима наблюдательная площадка с хорошим обзором неба, по возможности — с ровным покрытием и достаточно просторная. Это важно для установки приборов. Кроме того, когда в наблюдениях участвуют несколько человек, они не должны мешать друг другу из-за тесноты. Это отвлекает, рассеивает внимание и не лучшим образом сказывается на результатах.

Если в распоряжении кружка лёгкий переносной телескоп, то, пожалуй, нет смысла строить для него специальный павильон. Можно просто каждый раз выносить телескоп на площадку при условии, что она защищена от посторонней засветки и ветра. Такому кружку полезно иметь и загородную базу, куда легко вывезти телескоп для наблюдений, требующих особо тёмного неба. Желательно, чтобы загородное помещение было отапливаемым. Это позволит проводить наблюдения не только в тёплое время года, но и зимой.



Любительская обсерватория Московского планетария.



Кружковцы Московского планетария. На переднем плане — любительский телескоп «Мицар».



то она обязательно располагает пассажными инструментами, меридианным кругом, зенит-телескопами. На ней должны быть отработаны методы точных измерений положений звёзд. Радиоастрономическая обсерватория не обойдётся без радиотелескопа и сотен электронных блоков, а астрофизическую невозможно представить без современных высокочувствительных приёмников излучения и средств обработки изображений. Поэтому в первую очередь решите, что́ именно вы собираетесь наблюдать.

Только не подумайте, что астрономы-профессионалы давно поделили между собой небо и любителю с его скромными средствами просто негде себя применить. Всё как раз иначе: во многих областях наблюдательной астрономии профессионалы остро нуждаются в помощи любителей. Это наблюдения переменных звёзд, метеорных потоков, покрытий звёзд и планет Луной... Перед вами открыто обширное поле деятельности — выбирайте на свой вкус.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Первоосновой любой обсерватории является наблюдательный прибор — главный инструмент в арсенале астронома. И по крайней мере один такой инструмент у вас уже есть. Это ваши глаза.

Круг задач, которые решаются при наблюдениях невооружённым глазом, достаточно широк: первое общее знакомство с небом, созвездиями, сменой лунных фаз, движениями ярких планет и т. д. Такие наблюдения дают замечательную практику и тренируют глаза, подготавливают их к более детальному исследованию небесных объектов в бинокль или телескоп. Наблюдая переменные звёзды, метеорные потоки, планеты и Луну невооружённым глазом, вы осваиваете основные методы изучения небесных тел, учитесь пользоваться звёздными картами и делать записи при слабом освещении. Кроме того, вы, сами того не ведая, запоминаете расположение и блеск звёзд в созвездиях, условия их видимости в вашей местности.

Не надо думать, что наблюдения невооружённым глазом преследуют только учебно-познавательные цели. Если вы горите желанием принести пользу науке, если чувствуете уверенность в своих силах, то можете испытать себя в наблюдениях переменных звёзд, серебристых облаков или метеорных потоков. Существует множество руководств по наблюдениям этих объектов и явлений, и в каждом есть рекомендации по их изучению невооружённым глазом.

Следующим звеном в иерархии наблюдательных приборов являются бинокль и его ближайший родственник монокуляр. Бинокль — идеальный инструмент для начинающих. Он имеет большое поле зрения и даёт прямое изображение, которое удобно сравнивать с видимым невооружённым глазом или нанесённым на звёздную карту. Монокуляр обладает всеми характеристиками бинокля и отличается от него лишь тем, что предназначен для наблюдений одним глазом.

К основным характеристикам бинокля относятся увеличение и *апертура*, т. е. диаметр входного зрачка. Обычно они отражены в самом названии прибора. Например, название «БП 20 × 50» принадлежит биноклю призменному (БП) с увеличением в 20 раз и апертурой 50 мм. При выборе

Луна около полнолуния.





ского планетария были не раз опубликованы.

Неплохую наблюдательную базу имеют и астрономические кружки при Московском дворце творчества молодёжи на Воробьёвых горах. В их распоряжении небольшая обсерватория, аппарат планетарий, множество лабораторий, оснащённых современной техникой, удобная площадка для наблюдений, загородная база.

Члены кружка при Крымской областной юношеской астрономической обсерватории в Симферополе отлично зарекомендовали себя в наблюдениях метеоров и солнечной активности. Обсерватория располагает интересными приборами для наблюдения Солнца, метеорным патрулём (фотокамерами для съёмки метеоров). Гордостью обсерватории является 300-миллиметровый телескоп-рефрактор.

Большую известность в области телескопостроения и астрофотографии приобрели члены Новосибирского клуба любителей телескопостроения имени Д. Д. Максутова. Их без преувеличения можно назвать мастерами на все руки. Свои наблюдения они проводят на созданных ими же инструментах. Это ещё раз доказывает, что постройка телескопа не такое уж сложное дело и под силу каждому.

ЗВЁЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Всем известно, что одни звёзды выглядят ярче, а другие кажутся более тусклыми. Во II в. до н. э. древнегреческий астроном Гиппарх составил каталог звёзд, видимых невооружённым глазом (ибо «вооружить» свой глаз ему в то время было нечем). В этом каталоге он впервые разделил все звёзды по яркости на шесть классов: самые яркие он назвал звёздами 1-й величины, а самые тусклые — 6-й. Астрономы используют это деление вот уже более двух тысячелетий.

Когда появились телескопы и приборы для точного измерения яркости звёзд (фотометры), астрономы установили, что при переходе от класса к классу поток света от звёзд (или, как говорят астрономы, блеск звёзд) изменяется примерно в 2,5 раза. Звезда 1-й звёздной величины в 2,5 раза ярче звезды 2-й величины, а та в свою очередь в 2,5 раза ярче звезды 3-й величины. Следовательно, звезда 1-й величины в $2{,}5 \cdot 2{,}5 = 6{,}25$ раза ярче звезды 3-й величины. Но, разумеется, эти соотношения в каталоге Гиппарха выдерживались не вполне чётко, ведь у него-то фотометра не было.

Астрономы хотели сохранить шкалу Гиппарха, поскольку уже привыкли к ней, но решили сделать её более точной и удобной. В 1856 г. англичанин Норман Погсон измерил яркость множества звёзд и ввёл современную шкалу звёздных величин. Он предложил считать разницу блеска равной пяти звёздным величинам, если одна звезда ровно в 100 раз ярче другой. В таком случае разница на одну звёздную величину соответствует отличию блеска в $\sqrt[5]{100} \approx 2{,}512$ раза (почти как у Гиппарха).

За начало отсчёта на шкале звёздных величин астрономы приняли Вегу, блеск которой приравняли к нулевой звёздной величине. Обозначается это так: 0^m (индекс m происходит от латинского stellar magnitude — «звёздная величина»).



Блеск звёзд, образующих характерный пятиугольник на северном небе: α Возничего $0{,}08^m$; β Возничего $1{,}90^m$; θ Возничего $2{,}65^m$; β Тельца $1{,}65^m$; ι Возничего $2{,}69^m$.



КАК ВИДНЫ ЗВЁЗДЫ В ТЕЛЕСКОП

Может показаться, что ответ на вопрос, как будет выглядеть звезда в телескоп, предельно прост: как яркая светящаяся точка. Действительно, при расчёте оптической схемы телескопа предполагается, что объектив собирает все падающие на него лучи в одной точке — фокусе. Однако это утверждение справедливо только с позиции геометрической оптики.

Реально свет имеет волновую природу и от удалённого источника, каким является звезда, на Землю приходит не узкий пучок лучей, а расходящийся сферический волновой фронт. Одно из его свойств — *дифракция*, т. е. способность огибать встречающиеся на пути препятствия.

Препятствием в нашем случае является оправа объектива телескопа. Объектив «вырезает» из волнового фронта некоторую часть, и на его краях формируется сложная картина колебаний световых волн. В итоге в фокальной плоскости образуется не идеальное точечное, а искажённое — *дифракционное изображение* звезды, имеющее вид диска, окружённого рядом светлых колец. В центральном пятне сосредоточено около 86% энергии излучения. Остальная её часть неравномерно распределена между дифракционными кольцами. Размеры дифракционного изображения зависят от диаметра объектива и длины волны излучения. Его угловой диаметр будет тем меньше, чем больше диаметр объектива.

Дифракционная картина становится заметной только при относительно больших увеличениях и лишь у ярких звёзд. У слабых звёзд яркость дифракционных колец ничтожна, и человеческий глаз различает только центральные диски.

Явление дифракции — естественный фактор, ограничивающий разрешающую способность телескопа. Если угловое расстояние (разделение) между двумя звёздами одинаковой яркости меньше диаметра дифракционного пятна, они будут видны как одна звезда. В этом случае говорят, что телескоп не разрешает эти звёзды. По мере увеличения разделения звёзд центральное пятно их суммарной дифракционной картины вытягивается, превращаясь в подобие восьмёрки, и в конце концов распадается на два пятна равной яркости. В таких случаях можно судить о двойственности наблюдаемой звезды.

Всё сказанное справедливо, если у телескопа идеальный объектив и отлично отъюстированная оптика. Если же объектив имеет погрешности изготовления, неправильно установлен или вся схема телескопа расфокусирована, наблюдаемая дифракционная картина немедленно «просигнализирует» об этом. Центральный диск может вытянуться в эллипс или вовсе исчезнуть, кольца — разорваться, стать значительно ярче за счёт ослабления диска и т. п. В любом случае даже самое малое изменение формы дифракционной картины свидетельствует о погрешностях в оптической схеме телескопа.

Состояние земной атмосферы также влияет на качество дифракционных изображений звёзд. Сохраняя центральную симметрию, картина в зависимости от конкретных погодных условий заметно меняется. Оценивая видимую в телескоп дифракционную картину по десятибалльной шкале (шкала Пикеринга), можно судить о качестве изображений в ночь наблюдений.

типа объектива его основной характеристикой является диаметр. Чем больше диаметр объектива, тем больше света от далёких объектов он может собрать. Однако в условиях большого города крупный телескоп теряет свои преимущества перед инструментом с меньшим диаметром. Виной тому засветка, создаваемая уличными огнями, и загрязнённая атмосфера. Идеальным инструментом для городских условий будет 100 – 150-миллиметровый рефлектор.

Количество объектов, доступных 100-миллиметровому телескопу, огромно. Помимо всех видимых в бинокль к ним добавляются двойные и кратные звёзды, ярчайшие спутники Сатурна и деление Кассини в его кольце, крупные детали рельефа поверхности Луны. Вам откроются полосы и зоны на диске Юпитера, фазы Меркурия и Венеры, солнечная грануляция. Вы сможете наблюдать покрытия звёзд и планет Луной, а во время лунных затмений хронометрировать прохождение земной тени по поверхности нашего спутника, следить за аномальными лунными явлениями.

Став обладателем телескопа или бинокля, проведите его испытания. Проверьте качество даваемых им изображений. Это можно сделать как ночью, так и днём, наводя инструмент на удалённые деревья или высокие здания. Ночью обратите внимание на дифракционные изображения ярких звёзд, создаваемые объективом. В идеале они должны представлять собой маленькие диски, окружённые рядом концентрических колец убывающей



Группа наблюдателей с любительским телескопом «Алькор».



чем определённый отрезок за единицу длины. Данные прямые называются координатными осями, а точка их пересечения — началом координат. Теперь проведём через нашу точку две прямые, параллельные координатным осям. Каждая из них пересечёт одну из осей. Измерим длины отрезков от начала координат до точек пересечения, присвоив им знак «плюс» или «минус» в зависимости от положения относительно начала координат. Эти числа и будут координатами точки. Разные точки обязательно имеют разные координаты. Любой паре чисел, выбранных в качестве координат, соответствует одна точка на плоскости.

Подобную систему координат можно ввести и в пространстве. Там положение точки характеризуется уже тремя числами, выражающими расстояния до трёх взаимно перпендикулярных плоскостей.

Однако по взаимному положению звёзд на небе нельзя узнать, сколько метров (или километров, или световых лет) от одной звезды до другой. Две звезды могут находиться очень далеко друг от друга, но примерно в одном направлении от Земли — и тогда мы увидим их на небе рядом. Значит, именно направления описывают видимое расположение светил. Числовую оценку направлений производят при помощи углов.

Представим два луча, исходящие из одной точки (глаза наблюдателя) в направлении двух разных светил на небе. Угол, заключённый между этими лучами, называется *угловым расстоянием* между светилами. Угол маленький – светила рядом; угол большой — они на разных участках небосклона. Существуют такие системы координат, в которых положение объекта характеризуют не линейные величины, а угловые. Например, географические координаты — широта и долгота — являются углами, определяющими положение точки на поверхности земного шара. Нечто подобное можно ввести и на небе.

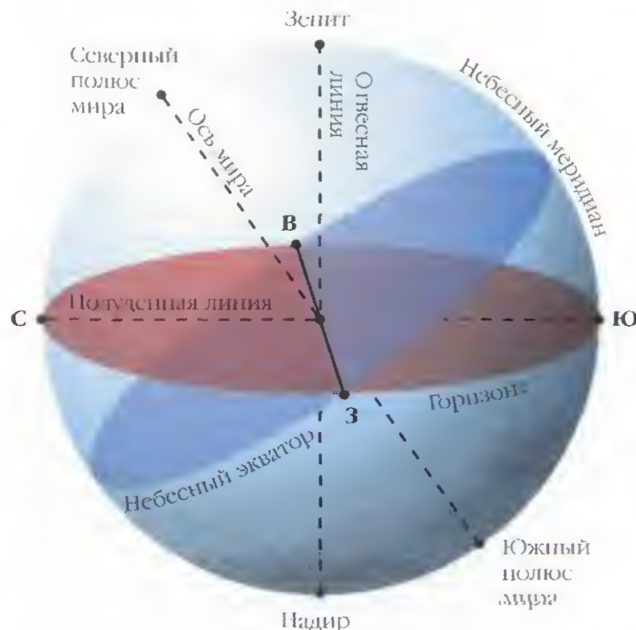
Люди давно отказались от представления о небе как о куполе, украшенном светилами и окружающем обитаемую землю. Однако для описания взаимных положений и видимых движений светил очень удобно разместить все светила на внутренней поверхности воображаемой сферы достаточно большого радиуса, а самого наблюдателя — в центре этой сферы. Её назвали *небесной сферой* и ввели на ней системы угловых координат, аналогичных географическим.

ЗЕНИТ, НАДИР, ГОРИЗОНТ

Чтобы отсчитывать координаты, нужно иметь какие-нибудь точки и линии на небесной сфере. Введём их.

Возьмём нитку и привяжем к ней грузик. Взявшись за свободный конец нитки и подняв грузик в воздух, получим отрезок отвесной линии. Продолжим его мысленно до пересечения с небесной сферой. Верхняя точка пересечения — *зенит* — будет находиться у нас прямо над головой. Нижняя точка – *надир* — наблюдению недоступна.

Если пересечь сферу плоскостью, в сечении получится окружность. Максимальный размер она будет иметь тогда, когда плоскость пройдёт через центр сферы. Эта линия так и

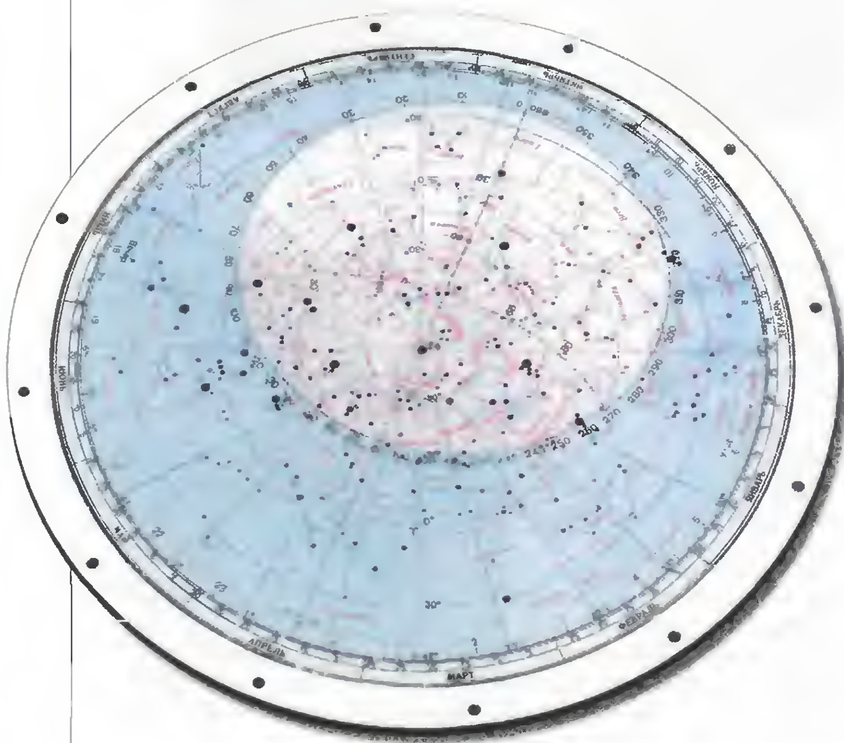


Точки и линии небесной сферы.

просто необходима. Определить её вам поможет служба времени. Установите для себя правило: каждый день в одно и тоже время, например в шесть вечера, сравнивать показания своих часов с радиосигналами точного времени. Поправка будет равна разности между показаниями ваших часов в момент шестого сигнала и точным временем, в данном случае 18 ч. Изо дня в день заносите полученное значение в специальную тетрадь, не забыв отметить дату и время сделанного измерения. Так вы сможете судить о суточном ходе ваших часов и корректировать записанные моменты наблюдений.

БИБЛИОТЕКА

При каждой обсерватории есть библиотека, в которой собраны не только звёздные карты и атласы, справочники, публикации, но и результаты проведённых на ней наблюдений. Не обойтись без такой библиотеки и вам.



Подвижная карта звёздного неба.

В первую очередь следует обзавестись астрономическим календарём. В нём приводятся важнейшие данные об астрономических явлениях года, о видимости Луны и планет, восходе и заходе небесных светил. Календарь незаменим при составлении программы наблюдений и должен стать вашей настольной книгой. На первых порах вам будет достаточно «Школьного астрономического календаря». По мере расширения круга ваших интересов потребуется и более подробная информация. В этом случае обратитесь к «Астрономическому календарю» Всероссийского астрономо-геодезического общества, который удовлетворит запросы самых искушённых любителей астрономии.

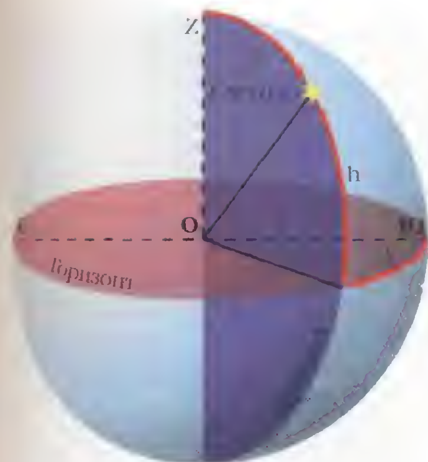
Помимо астрономического календаря необходима подвижная карта звёздного неба. С её помощью вы будете определять условия видимости небесных светил в вашей местности и выполнять несложные астрономические расчёты. Пригодится она и для ориентировки и знакомства с созвездиями. Если у вас есть персональный компьютер, то роль подвижной карты могут взять на себя программы-визуализаторы звёздного неба.

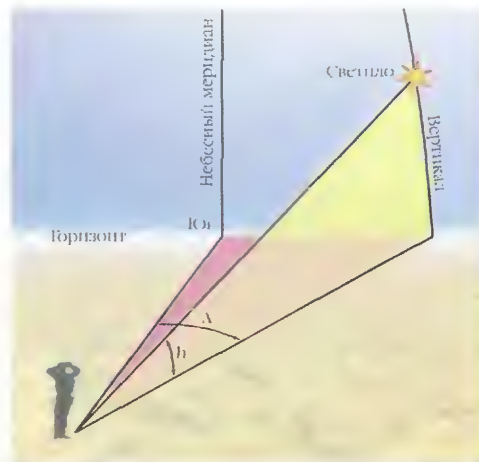
Для более детального изучения объектов небесной сферы потребуется звёздный атлас. Желательно сделать копию всего атласа или хотя бы части листов, для того чтобы отмечать на них положения новых звёзд, комет и планет, пути астероидов и т. д. Кроме того, постарайтесь найти одно-два руководства по наблюдениям звёздного неба. В них содержатся исчерпывающие сведения о способах наблюдений тех или иных небесных явлений, справочные данные, полезные советы. (Список этих книг приведён в приложении к данному тому.)

ОСВЕЩЕНИЕ

Возможно, вам придётся позаботиться о подсветке звёздных карт, журнала или форм для зарисовок во время наблюдений. Отнеситесь к этому во-







◄◄ Горизонтальная система координат.

◄ Горизонтальная система координат. Вид изнутри небесной сферы.

рия небесной сферы и отрицательно для южного. Все точки экватора имеют склонение 0°. Теперь отметим две точки небесного экватора: в первой он пересекается с небесным меридианом, во второй — с кругом склонения светила. Угол между направлениями на эти точки, отсчитанный от юга к западу, именуется *часовым углом* (t) светила. Его можно измерить как обычно — в градусах, но чаще он выражается в часах: вся окружность делится не на 360°, а на 24 ч. Таким образом, 1 ч соответствует 15°, а 1° — 1/15 ч, или 4 мин.

Суточное вращение небесной сферы уже не влияет катастрофически на координаты светила. Светило движется по малому кругу, параллельному небесному экватору и называемому *суточной параллелью*. При этом угловое расстояние до экватора не меняется, значит, склонение остаётся постоянным. Часовой угол возрастает, но равномерно: зная его значение в какой-либо момент времени, нетрудно рассчитать его для любого другого момента.

Тем не менее составить списки положений звёзд в данной системе координат нельзя, ведь одна координата всё же меняется со временем. Для получения неизменных координат нужно, чтобы система отсчёта перемещалась вместе со всеми объектами. Это возможно, так как небесная сфера в суточном вращении движется как единое целое.

Выберем на небесном экваторе точку, участвующую в общем вращении. В этой точке нет никакого светила; в ней бывает Солнце один раз в году (около 21 марта), когда оно в своём годовом (не суточном!) движении среди звёзд перемещается из южного небесного полушария в северное (см. статью «Путь Солнца среди звёзд»). Угловое расстояние от этой точки, называемой *точкой весеннего равноденствия* (♈) до круга склонений светила, отсчитанное по экватору в направлении, противоположном суточному вращению, т. е. с запада на восток, называется *прямым восхождением* (α) светила. Оно не меняется при суточном вращении и вместе со склонением образует пару *экваториальных координат*, которые и приводятся в различных каталогах, описывающих положения светил на небосводе.

Таким образом, чтобы построить систему небесных координат, следует выбрать некоторую основную плоскость, проходящую через наблюдателя и пересекающую небесную сферу по большому кругу. Затем через полюс этого круга и светило проводится ещё один большой круг, пересекающий первый, и в качестве координат принимаются угловое расстояние от точки пересечения до светила и угловое расстояние от некоторой точки на основном круге до той же точки пересечения. В горизонтальной системе координат основной плоскостью является плоскость горизонта, в



Наблюдение 119 **16 августа 1996 г.**

Небо тёмное; дымка. Ветра нет. В области созвездия Лебедя просматривается участок Млечного Пути. Качество изображений 8 баллов (Денеб, увеличение 32 раза). Предельная звёздная величина 11 (область SS Cyg, увеличение 32 раза). Поправка часов — 2 мин. Наблюдения в телескоп «Мицар».

Кадр	Время	Звезда	Наблюдение/ выдержка	Примечания
1	22:30	α Per	Выдержка 5 мин	Объектив «Юпитер»
	22:42	AE Aur	B3 V2 D	Монокуляр
2	22:44	η Tau	Выдержка 5 мин	Объектив «Юпитер» Плеяды Увеличение 169
	22:52	ε Per		Оранжевая и зелёная
	23:00	NGC 2281		Увеличение 96. Компактное скопление с характерной подковкой из ярких звёзд в центре.
3	23:04	—	—	Ошибка в гидировании
4	23:06	Капелла	Выдержка 3 мин	Объектив «Юпитер»

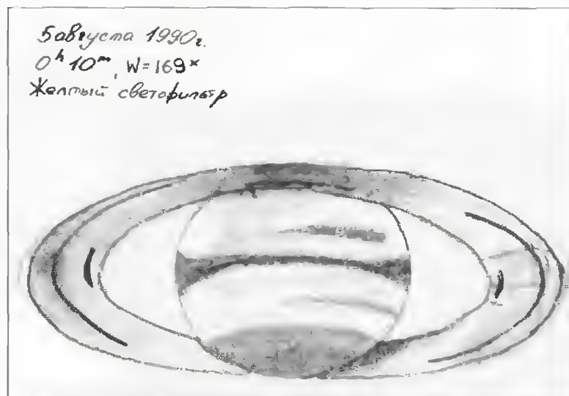
Пример оформления журнала наблюдений

однажды и никогда не повторяются. А ваши записи являются как бы моментальным снимком, и со временем их ценность будет возрастать. Поэтому старайтесь записывать всё, что вы видите, всё, что считаете нужным. Даже если вам не удалось найти какой-либо объект, отметьте этот факт в своём журнале и не забудьте указать причины (например, атмосферную дымку или сильную засветку от Луны).

Вам потребуется несколько журналов. Один вы будете заполнять непосредственно во время наблюдений. Остальные журналы распределите по объектам ваших интересов. Информацию в них следует переносить из основного журнала на следующий за наблюдениями день.

Оформление каждого журнала зависит от конкретных объектов и явлений. Например, для хранения наблюдений объектов каталога Мессье достаточно отвести каждому объекту отдельную страницу, разместив на ней как информацию, так и ваши зарисовки при разных увеличениях. Наблюдения переменных звёзд тоже можно записывать в одну тетрадь, выделив в ней определённое количество страниц для каждой программной звезды. Наблюдателям планет желательно иметь для каждой планеты отдельную тетрадь, куда заносить даты, время, условия наблюдений (включая сведения о применяемом приборе и увеличении), подробное описание увиденного. Зарисовки же удобнее делать на отдельных бланках и хранить их в конвертах или папках.

Но вернёмся к главному журналу. Каждая запись в нём должна предваряться указанием даты и времени начала наблюдений (не забудьте отметить, какое время вы используете – зимнее или летнее), типа и светочувствительности плёнки, если вы фотографировали. Особое внимание уделите подробному описанию погодных условий в ночь наблюдений: укажите наличие облаков, ветра, дымки, видимость Луны и т. д. Полезно определить и качество изображений. Установите окуляр с максимальным увеличением и направьте телескоп на яркую звезду. Вы увидите её дифракционное изображение, искажённое земной атмосферой. Отличие этой картины от идеальной и характеризует качество изображения; оно оценивается по десятибалльной шкале. Можно определить также предельную звёздную величину, различимую в телескоп в эту ночь.



Пример оформления наблюдения планет. Зарисовка Сатурна.





Секстант. Гравюра из книги Яна Гевелия. XVII в.

логами и картами, составленными для равноденствия 2000 г. Но астрономам-любителям вполне подойдут и те, что рассчитаны на эпоху 1950 г.

Таким образом, составление звёздных каталогов и постоянное повышение их точности остаётся одной из актуальных задач астрономии.

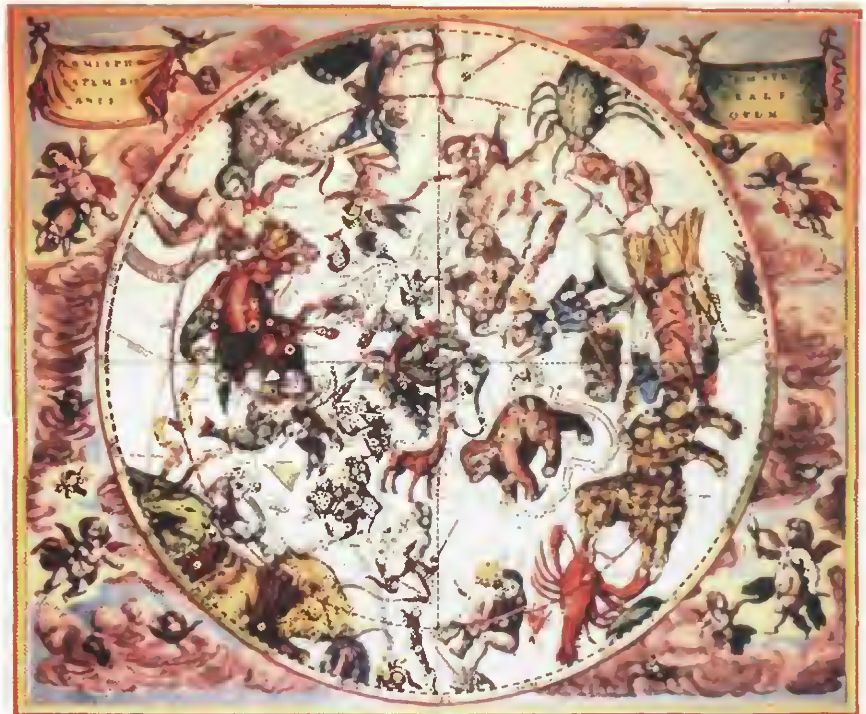
Древнейший звёздный каталог скорее всего был составлен вавилонскими астрономами около 6 тыс. лет назад. В Китае примерно 4 тыс. лет назад астрономы тоже располагали звёздным каталогом. От этих каталогов сохранились только фрагменты.

Первый каталог, который дошёл до нас целиком, создан Гиппархом около 136 г. до н. э. Он содержит координаты 850 звёзд, видимых невооружённым глазом. Во II в. Клавдий Птолемей дополнил каталог Гиппарха, доведя число звёзд в нём до 1022. Этот каталог служил астрономам почти полтора тысячелетия.

Позднее звёзды птолемеевского каталога наблюдались заново, и по этим наблюдениям составлялись новые каталоги. Особенно точными для своего времени были каталог Улугбека (1437 г.), содержавший положения 1018 звёзд, каталог немецкого астронома Христиана Ротмана (1594 г.), каталоги Тихо Браге (1005 звёзд на эпоху 1601 г.) и Яна Гевелия (1564 звезды на эпохи 1661 и 1701 гг.). Координаты всех звёзд определялись тогда из наблюдений невооружённым глазом при помощи угломерных инструментов больших размеров.

Изобретение телескопа расширило возможности астрометристов. В конце XVII в. появился микрометр — прибор, который помещается в фокусе объектива телескопа и позволяет путём наведения нити на звезду гораздо точнее считывать её координаты. В арсенал астрометристов вошли меридианный круг, пассажный инструмент, вертикальный круг.

Получив в своё распоряжение телескопическую оптику и измерительные приборы, астрономы стремились расширить число объектов с точно определёнными координатами за счёт слабых звёзд и звёзд южного полушария неба. В Пулковской обсерватории по плану её основателя



Карта созвездий северного полушария неба из книги Христофора Целлариуса «Гармония Макрокосмика». 1660 г.





Страницы журнала наблюдений. Пример оформления наблюдений объектов каталога Мессье (М 31).

хотели бы пронаблюдать в первую очередь. Затем обратитесь к звёздной карте и, учитывая местоположение и обзор из вашей обсерватории, определите, когда интересующие вас объекты займут наиболее удачное положение на небе.

На листе бумаги в верхней части укажите дату предстоящих наблюдений и оставьте несколько свободных строчек. Впоследствии вы запишете здесь номер наблюдения и сделаете необходимые примечания. Далее начертите табличку из четырёх граф. В первую графу занесите названия небесных объектов или явлений; во вторую — время их наблюдения, определённое по звёздной карте. В следующую колонку впишите ваши соображения относительно инструментов и методов предстоящих наблюдений. Последнюю колонку оставьте пока пустой. Позже в ней вы вкратце опишете результаты проделанных наблюдений, а если не смогли увидеть тот или иной объект, отметите причины этого: была ли сильная дымка, или вам мешали городские огни и т. п. Никогда не выбрасывайте программы после наблюдательной ночи. Храните их в отдельной папке. Они вам пригодятся ещё не раз — и при обработке наблюдений, и при составлении других программ.

Когда программа наблюдений готова, подберите все необходимые материалы, инструменты и приспособления. Во-первых, это карты избранных участков звёздного неба. Расположите карты так, чтобы изображённые на них объекты следовали в порядке, указанном в вашей программе. Во-вторых, подготовьте журнал наблюдений и бланки для зарисовок. Не забудьте карандаши и фонарик, если вы им пользуетесь. Во время наблюдений всё должно быть под рукой, чтобы не пришлось терять драгоценное время на поиски карты или бланка. Всё ваше внимание должно быть сосредоточено на небе.

Наконец, нелишне позаботиться и о личном комфорте. Собираясь на наблюдения, на всякий случай одевайтесь теплее. Обидно терять половину ясной ночи только из-за того, что вы замёрзли. Однако, если такое случится, не геройствуйте, не досиживайте до рассвета. Здоровье дороже.

Во время наблюдений старайтесь не торопиться, не метаться от одного созвездия к другому, не считать минуты до рассвета. Делайте всё спокойно и не спеша. Это легко удастся, если вы хорошо подготовились к работе. К тому же такая манера наблюдений в некоторой степени повышает их точность.

Перед тем как взглянуть в окуляр на какой-либо объект с целью зарисовать его или просто рассмотреть тонкие детали, постарайтесь забыть почти всё о том, как он должен выглядеть. Доверьтесь только своему зрению. Зарисовывайте и записывайте лишь то, что видите, а не то, что хотите увидеть. Постоянно следуя этому правилу, вы приобретаете не только уверенность в точности ваших наблюдений, но и бесценный опыт изучения небесных светил, а плюс к тому совершенствуете своё зрение.

Если во время наблюдений вы вдруг почувствуете усталость или сонливость, то дайте себе отдохнуть минут десять — пятнадцать. Не забудьте отметить в журнале время пе-



гих туманностей и скоплений звёзд по каталогу Мессье: после буквы М (Мессье) указывают номер по каталогу. Например, М 31 — туманность Андромеды, М 42 — туманность Ориона, а М 1 — знаменитая Крабовидная туманность в созвездии Тельца.

Более современный и обширный «Новый общий каталог» (New General Catalog) содержит информацию о большинстве ярких галактик и туманностей. По этому каталогу туманность Андромеды имеет обозначение NGC 224. То есть один и тот же небесный объект может обозначаться по-разному. Когда астроном сталкивается с соответствующим обозначением, он сразу обращается к нужному каталогу, чтобы получить подробные сведения об объекте.

Необходимую для любительских наблюдений информацию о положении «неподвижных» светил можно почерпнуть в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского (1971 г.) и в издании ВАГО «Астрономический календарь. Постоянная часть» (1981 г.). Там же перечислены наиболее интересные объекты, доступные любительским наблюдениям.

Совершенно очевидно, что невозможно составить каталоги положений Солнца, Луны, планет, комет и других светил, перемещающихся среди звёзд. Но современные методы небесной механики позволяют рассчитать эти положения на любую дату. Такие заранее вычисленные положения называются эфемеридами, и их списки публикуются в специальных изданиях (см. статью «Расположение светил „на завтра"»).

КАРТЫ И АТЛАСЫ НЕБА

Хорошее знание звёздного неба часто приводило к интересным открытиям, причём многие из них были сделаны любителями астрономии. Так, новую звезду, вспыхнувшую в 1901 г. в созвездии Персея, впервые наблюдали киевские астрономы-любители. Новые звёзды в созвездии Лебедя в 1920 г. и в созвездии Геркулеса в 1936 г. также были замечены любителями. Их терпение и умение работать с картами позволяет ежегодно открывать по нескольку новых комет, исследовать активность известных метеорных потоков и обнаруживать новые.

Трудности при составлении звёздных карт заключаются в том, что все светила и координатная сетка как бы находятся на внутренней поверхности сферы, а изобразить их нужно на плоском листе бумаги. Впрочем, подобная проблема в своё время была решена картографами, которые научились воспроизводить на плане обширные участки поверхности земного шара, применяя различные проекции. Конечно, проекции искажают масштабы и форму отдельных участков сферы. Но, если найти проекцию правильно, искажения можно свести к минимуму, так что изображение на чертеже будет мало отличаться от конфигурации, наблюдаемой на небе.

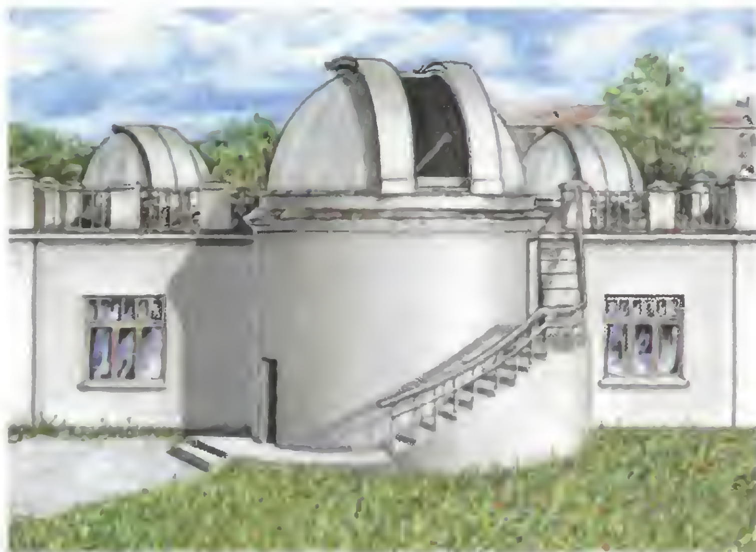
Иногда выбор проекции диктуется задачами наблюдений. Например, при нанесении на звёздную карту путей «падающих звёзд» — метеоров — пользуются гномонической проекцией, в которой дуги больших кругов изображаются прямыми линиями. Светящийся участок пути метеорной частицы тоже представляет собой практически прямую линию, так как скорость частицы очень велика (11—72 км/с).

Для простейших наблюдений и изучения созвездий вполне достаточно мелкомасштабных карт, на которые нанесены только яркие звёзды и основные созвездия. Такова,



Атласы звёздного неба.





Обсерватория Симферопольского общества любителей астрономии.

Телескопы больших размеров требуют стационарной установки. Их обладателям придётся всерьёз задуматься о постройке башни с куполом или павильона с откидывающейся либо раскрывающейся наподобие книги крышей. Простейшим решением для среднего по величине телескопа может быть передвижная будка, подойдёт и гараж-ракушка. В любом случае нужно помнить, что помещение для телескопа должно не только укрывать его от ветра и непогоды, но и предоставлять хороший обзор неба, непременно делая доступной для наблюдений Полярную звезду, — без этого не удастся правильно установить телескоп. Не забывайте и о том, что во время наблюдений температура в помещении для телескопа должна быть такой же, как на улице, иначе потоки тёплого воздуха испортят изображение. За некоторое время до начала работы (лучше всего — за час или полтора) нужно открыть люк или крышу, чтобы уравнять температуру воздуха.

Помимо приборов и инструментов немаловажную роль в успехе групповых наблюдений играет их правильное планирование. При составлении программы наблюдений необходимо учитывать интересы членов кружка, их опыт, организаторские возможности. Ни в коем случае не надо умалять важности учебных наблюдений, ведь главный их итог — это приобретаемый вами бесценный опыт. Опыт проведения измерений и их обработки, опыт общения со сложными приборами, опыт познания.

Существует множество астрономических коллективов, чьи наблюдения носят в первую очередь учебный характер. Как не вспомнить в связи с этим кружки Московского планетария, давшие современной астрономической науке целую плеяду замечательных имён. А ведь начинали нынешние корифеи в 30-е гг. на маленькой обсерватории с учебных наблюдений в 150-миллиметровый цейсовский рефрактор. Новое поколение кружковцев делало свои первые шаги на стезе наблюдательной астрономии уже при помощи 300-миллиметрового рефрактора. Интересны выполненные ими за эти годы наблюдения Юпитера, солнечных пятен, затмений, переменных звёзд. Результаты наблюдений кружковцев Москов-

ПЛАНЕТАРИЙ

Планетарий — аппарат, предназначенный для демонстрации звёздного неба. Современные универсальные оптико механические планетарии показывают все звёзды, различимые невооружённым глазом, звёздные скопления, туманности, позволяют проследить видимые перемещения на фоне неба Солнца, Луны и планет.

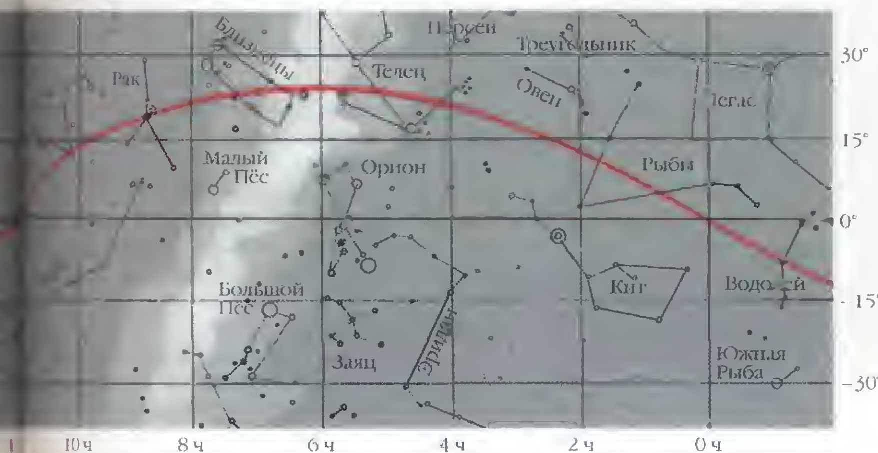
Планетариями называются также научно-просветительные учреждения, в которых проводят лекции и аудиовизуальные программы по астрономии, космонавтике, наукам о Земле и смежным наукам.



Аппарат-планетарий.

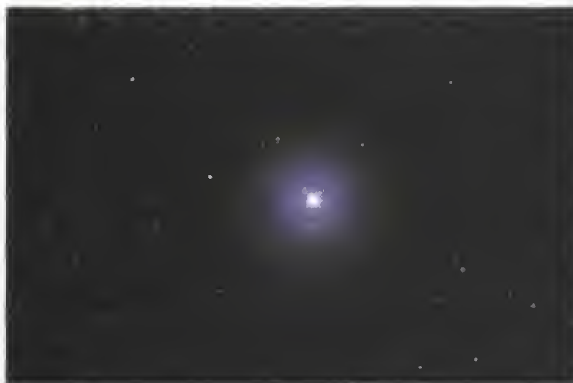
Южное полушарие.

12 ч
13 ч
14 ч
15 ч
16 ч
17 ч
18 ч
19 ч
20 ч
21 ч
22 ч
23 ч
0 ч
1 ч
2 ч
10 ч
11 ч
Кит
Водолей
Эридан
Южная Рыба
Козерог
Журавль
Микроскоп
Феникс
Индеец
Тукан
Стрелец
Сетка
Малое Магелланово Облако
Заяц
Павлин
Голубь
Большое Магелланово Облако
15°
30°
45°
60°
75°
Большой Пёс
Южный Треугольник
Скорпион
Наугольник
Муха
Персей
Южный Крест
Волк
Телец
Треугольник
Овен
Центавр
Весы
Рак
Гидра
Секстант
Чаша
Ворон
Дева



Карта экваториальных созвездий.





Сириус — самая яркая звезда неба ($-1{,}5^m$).

Звёзды в Ковше Большой Медведицы, например, имеют блеск около 2^m, т. е. они в $2{,}512 \cdot 2{,}512 \approx 6{,}3$ раза слабее Веги. На тёмном загородном небе при нормальном зрении глаз различает звёзды до 6^m. С помощью крупных телескопов можно фотографировать звёзды до 26^m. Следовательно, глаз человека уступает телескопу в чувствительности на 20^m. Это можно представить как $5^m + 5^m + 5^m + 5^m$. Отсюда легко перейти к разнице блеска: телескоп с фотопластинкой в $100 \times 100 \times 100 \times 100 = 100$ млн раз чувствительнее глаза. А если заменить фотопластинку электронным приёмником света, например полупроводниковой ПЗС-матрицей, то разница станет ещё больше — почти в миллиард раз!

У всех небесных светил, менее ярких, чем Вега, звёздные величины выражаются положительными числами. А как быть с более яркими светилами? Скажем, Сириус и Канопус заметно ярче Веги, а есть ещё и яркие планеты и, наконец, Луна и Солнце. В таких случаях в полном соответствии с правилами математики блеск выражают отрицательным числом. Если блеск звезды равен -1^m, то она в 2,512 раза ярче Веги. Блеск Сириуса $-1{,}5^m$, т. е. он в $2{,}512^{1{,}5} \approx 4$ раза ярче Веги. Блеск Юпитера иногда достигает $-2{,}5^m$, а блеск Венеры в максимуме $-4{,}7^m$.

Нетрудно заметить, что в то время как звёздные величины убывают в арифметической прогрессии (6; 5; 4; 3 и т. д.), блеск звёзд возрастает в геометрической прогрессии (1; 2,512; 6,310...; 15,851... и т. д.). Поэтому разница блеска в звёздных величинах меняется как логарифм потока света от звезды. В связи с этим шкалу звёздных величин называют логарифмической шкалой.

Если потоки света от двух светил у поверхности Земли составляют I_1 и I_2, то разность их звёздных величин равняется

$$m_1 - m_2 = -2{,}5 \cdot \lg \frac{I_1}{I_2}$$

Существуют и другие подобные шкалы. Так, громкость звука измеряют в децибеллах, которые также пропорциональны логарифму мощности звука, воздействующего на ухо. Употребление логарифмических шкал продиктовано особенностями наших органов чувств: зрения, слуха и др. Оказывается, человеческий мозг воспринимает раздражения от органов чувств не пропорционально силе раздражителя (например, мощности звука), а лишь пропорционально её логарифму. Именно поэтому ухо одинаково способно услышать писк комара и не оглохнуть от рёва самолёта в аэропорту. А глаз может заметить блеск звезды и не ослепнуть от прямого взгляда на Солнце, которое в миллиарды раз ярче звёзд.

АДРЕСА СВЕТИЛ НА НЕБЕ

Как точно описать положение светила на небе? Куда направить взгляд или телескоп, чтобы увидеть то, что интересует наблюдателя?

Лучше всего задать положение числами. Математики давно применяют этот способ, известный как метод координат. Допустим, нужно описать положение точки на плоскости. Выберем на этой же плоскости две пересекающиеся (лучше всего под прямым углом) прямые и при-



тел Солнечной системы удобно описывать в системе координат, связанной с центральным телом этой системы, — Солнцем. А перейти к такому описанию от наблюдательных данных, полученных на Земле, можно, только зная координаты Солнца в определённый момент времени, т. е. его эфемериду. Она, например, совершенно необходима для того, чтобы заранее вычислить все обстоятельства солнечных и лунных затмений.

Вычисление эфемериды Солнца осложнено тем, что наше дневное светило движется по эклиптике среди звёзд неравномерно. Это связано с эллиптичностью земной орбиты и неравномерностью движения Земли по орбите.

Движение Луны представляется на первый взгляд весьма простым: в соответствии с законами Кеплера она движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Земля. Однако законы Кеплера справедливы для двух тел, находящихся в поле тяготения друг друга. Сила, определяющая их взаимное перемещение, пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. В Солнечной системе заведомо более двух взаимодействующих тел, и кеплеровские эллипсы лишь приближённо описывают их перемещения. Так, на Луну существенно влияет тяготение Солнца, которое хотя и находится намного дальше от неё, чем Земля, обладает огромной массой. Существуют и другие трудности при вычислении эфемериды Луны.

Сложные петли, которые вырисывают на небе планеты, также поддаются расчёту методами небесной механики. В основном движение планет определяется тяготением Солнца. Но и другие планеты влияют на это движение. Это влияние обычно мало́ и называется *возмущением*. Именно возмущения в движении планеты Уран, которые нельзя было объяснить воздействием известных к середине XIX в. небесных тел, заставили исследователей предположить, что за Ураном существует ещё одна планета. Она была открыта в 1846 г. и получила название Нептун.



Астрономические календари.

Эфемериды астероидов вычисляются так же, как и эфемериды больших планет. С кометами дело обстоит несколько сложнее. Для ряда периодических комет, возвращение которых наблюдалось много раз, задача та же самая, что и для планет, — если, конечно, комета не подходит очень близко к какой-нибудь планете. Тогда её орбита изменяется кардинально и трудность вычисления эфемериды резко возрастает. Большинство же комет наблюдается впервые, и дать их эфемериды заранее невозможно. Только проведя точные измерения положений новой кометы в три разные даты, можно вычислить её орбиту, а затем и эфемериду.

Сборники эфемерид именуются астрономическими ежегодниками и календарями. Наиболее авторитетным сборником такого рода является «Астрономический ежегодник», издаваемый Институтом теоретической астрономии Российской Академии наук. Для любителей астрономии издаётся «Астрономический календарь», в нём кроме эфемерид публикуются обзорные статьи об успехах астрономии и инструкции для наблюдателей. Юным астрономам адресован «Школьный астрономический календарь», который содержит описание астрономических событий предстоящего учебного года.

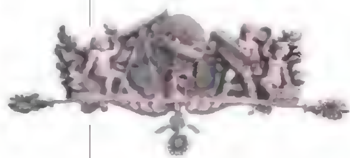
Существуют и специальные сборники эфемерид, например ежегодник



называется — большой круг. Все остальные круги на небесной сфере — малые. Плоскость, перпендикулярная отвесной линии и проходящая через наблюдателя, пересечёт небесную сферу по большому кругу, именуемому *горизонтом*. Зрительно это то место, где «земля с небом сходится»; мы видим только ту половину небесной сферы, которая располагается над горизонтом. Все точки горизонта отстоят от зенита на 90°.

ПОЛЮС МИРА, НЕБЕСНЫЙ ЭКВАТОР, НЕБЕСНЫЙ МЕРИДИАН

Проследим, как перемещаются звёзды по небу в течение суток. Лучше всего это сделать фотографически, т. е. направить фотокамеру с открытым затвором на ночное небо и оставить так на несколько часов. На фотографии будет хорошо заметно, что все звёзды описывают на небе окружности с одним и тем же центром. Точка, соответствующая этому центру, называется *полюсом мира*. В наших широтах над горизонтом располагается северный полюс мира (рядом с Полярной звездой), а в Южном полушарии Земли подобное движение совершается относительно южного полюса мира. Ось, соединяющая полюсы мира, именуется *осью мира*. Суточное движение светил происходит так, как если бы вся небесная сфера вращалась как одно целое вокруг оси мира в направлении с востока на запад. Это движение, разумеется, мнимое: оно является отражением истинного движения — вращения Земли вокруг своей оси с запада на восток.



Проведём плоскость через наблюдателя перпендикулярно оси мира. Она пересечёт небесную сферу по большому кругу — *небесному экватору*, который делит её на два полушария — северное и южное. Небесный экватор пересекается с горизонтом в двух точках. Это *точки востока* и *запада*. А большой круг, проходящий через оба полюса мира (зенит и надир) называется *небесным меридианом*. Он пересекает горизонт в *точках севера* и *юга*.

СИСТЕМЫ КООРДИНАТ НА НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ

Проведём большой круг через зенит и светило, координаты которого хотим получить. Это — сечение небесной сферы плоскостью, проходящей через светило, зенит и наблюдателя. Такой круг называется *вертикалом* светила. Он, естественно, пересекается с горизонтом. Угол между направлениями на эту точку пересечения и на светило показывает *высоту* (h) светила над горизонтом. Она положительна для светил, располагающихся над горизонтом, и отрицательна для находящихся под горизонтом (высота точки зенита всегда 90°). Теперь отсчитаем вдоль горизонта угол между направлениями на точку юга и на точку пересечения горизонта с вертикалом светила. Направление отсчёта — от юга к западу. Этот угол называется астрономическим *азимутом* (A) и вместе с высотой составляет координаты светила в *горизонтальной системе координат*.

Иногда вместо высоты используют *зенитное расстояние* (z) светила — угловое расстояние от светила до зенита. Зенитное расстояние и высота в сумме составляют 90°.

Знание горизонтальных координат светила позволяет найти его на небе. Но большое неудобство заключается в том, что суточное вращение небесной сферы приводит к изменению обеих координат со временем — достаточно быстрому и, что самое неприятное, неравномерному. Поэтому часто применяют системы координат, связанные не с горизонтом, а с экватором.

Снова проведём большой круг через наше светило. На этот раз пусть он проходит через полюс мира. Такой круг называется *кругом склонений*. Отметим точку пересечения его с небесным экватором. *Склонение* (δ) — угол между направлениями на эту точку и на светило — положительно для северного полуша-



к появлению современных созвездий, не имеющих отношения к мифологии. Многие составители звёздных карт в XVII—XIX вв. вводили новые созвездия. Иногда это было оправданно. Так, большое созвездие южного неба Корабль Арго было разделено на три: Корма, Киль и Паруса. Поскольку эта область неба чрезвычайно богата яркими звёздами и прочими интересными объектами, против её деления на небольшие созвездия никто не возражал. При общем согласии астрономов на небе разместились важнейшие научные инструменты: Микроскоп, Телескоп, Циркуль и Компас. Но вот ни одному новому имени, попавшему на небо по политическим или религиозным соображениям, не удалось на нём долго удержаться.

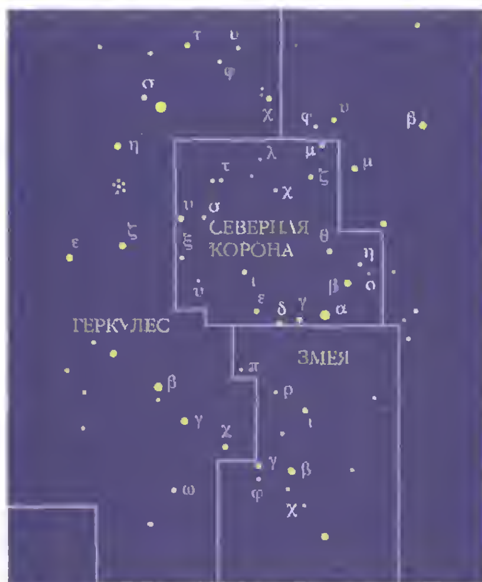
Например, европейские монахи не раз пытались «христианизировать» небесный свод, т. е. изгнать с него героев языческих легенд и населить персонажами Священного Писания (так, созвездия зодиака изображались в виде 12 апостолов и т. д.). А некто Юлиус Шиллер из Аугсбурга издал в 1627 г. атлас созвездий под заглавием «Христианское звёздное небо...». Но, несмотря на огромную силу церкви, новые названия созвездий не получили признания. Не попали на небо и имена европейских монархов: Георг II и Георг III, Карл II и Людовик XIV. Даже пожелание студентов Йенского университета, воодушевлённых победами Наполеона, переименовать в его честь созвездие Ориона, не нашло понимания у астрономов.

Конец всем попыткам перекроить звёздное небо положила I Генеральная ассамблея Международного астрономического союза (Рим, 1922 г.), которая приняла решение раз и навсегда определить наименования 88 созвездий, покрывающих всю небесную сферу. Утверждая названия созвездий, астрономы придерживались европейской традиции. Кроме латинских наименований были введены трёхбуквенные обозначения, предложенные Эйнаром Герцшпрунгом и Генри Ресселлом (см. таблицу «Созвездия» в Приложении). Позже были приняты и четырёхбуквенные обозначения созвездий, но ими пользуются крайне редко.

Поскольку астрономы называют теперь созвездиями не группы звёзд, а участки неба, то проблема определения созвездия сводится только к проведению его границ. Однако провести эти границы оказалось не так-то легко. Решено было сделать их ломаными прямыми, проходящими только по линиям равных склонений и прямых восхождений (так легче закрепить их в математической форме). Над этим заданием трудились несколько астрономов. Они стремились сохранить историческую преемственность и по возможности не допустить попадания звёзд с собственными именами и общепринятыми

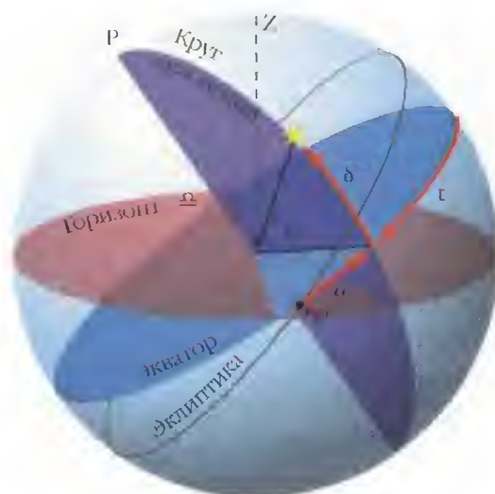
По традиции, восходящей к «Уранометрии» Байера, наиболее яркие звёзды астрономы обозначают строчными буквами греческого алфавита с добавлением названия созвездия. Греческим алфавитом часто пользуются также математики и физики. Так что если у вас есть склонность к точным наукам, запомните эти буквы:

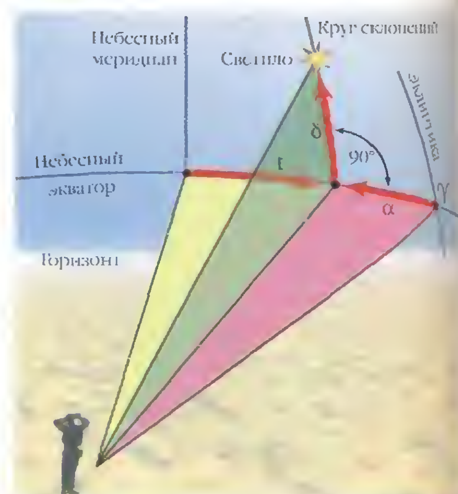
α	альфа	η	эта	ν	ню	τ	тау
β	бета	θ	тета	ξ	кси	υ	ипсилон
γ	гамма	ι	иота	ο	омикрон	φ	фи
δ	дельта	κ	каппа	π	пи	χ	хи
ε	эпсилон	λ	ламбда	ρ	ро	ψ	пси
ζ	дзета	μ	мю	σ ς	сигма	ω	омега



Границы созвездий на современной карте.







▸ Экваториальная система координат.

▸▸ Экваториальная система координат. Вид изнутри небесной сферы.

экваториальной — плоскость небесного экватора.

Существуют и другие системы небесных координат. Так, для изучения движений тел в Солнечной системе применяется *эклиптическая система координат*, в которой основной плоскостью служит плоскость эклиптики (совпадающая с плоскостью земной орбиты), а координатами – эклиптическая широта и эклиптическая долгота. Имеется ещё и *галактическая система координат*, в ней в качестве основной плоскости принята средняя плоскость галактического диска.

ЗВЁЗДНЫЕ КАРТЫ И КАТАЛОГИ

ЗАЧЕМ НУЖНЫ ЗВЁЗДНЫЕ КАТАЛОГИ?

«Путешествуя» по небесным просторам среди бесчисленных звёзд и туманностей, немудрено и заблудиться, если нет под рукой надёжной карты. Чтобы составить её, нужно точно знать положения тысяч звёзд на небе. И вот часть астрономов (их именуют астрометристами) занимается тем же, над чем трудились ещё звездочёты древности: они терпеливо измеряют координаты звёзд на небе, в основном одних и тех же, словно не доверяя своим предшественникам и самим себе.

И они совершенно правы! «Неподвижные» звёзды на самом деле непрерывно меняют свои положения – как вследствие собственных движений (ведь звёзды участвуют во вращении Галактики и перемещаются относительно Солнца), так и из-за изменения самой системы координат. Прецессия земной оси приводит к медленному перемещению полюса мира и точки весеннего равноденствия среди звёзд (см. статью «Игра с волчком, или Длинная история с полярными звёздами»). Вот почему в звёздных каталогах, содержащих экваториальные координаты звёзд, обязательно сообщают дату равноденствия, на которую они ориентированы. В настоящее время пользуются ката-

Изменение относительного расположения звёзд в Ковше Большой Медведицы.



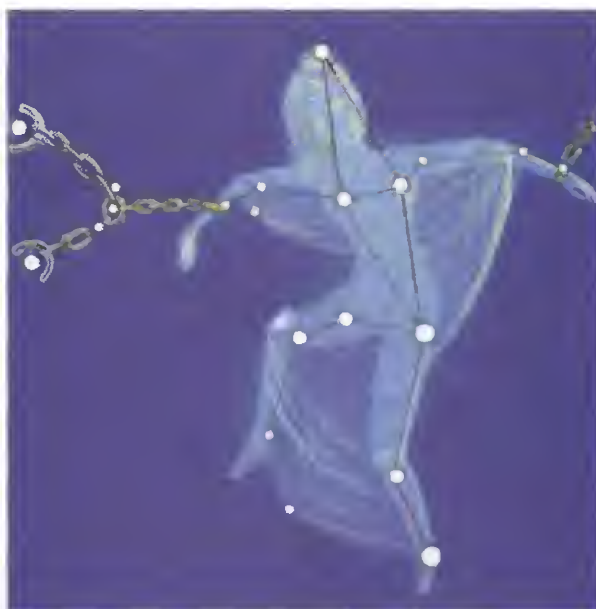


R до Z, затем комбинациями каждой из этих букв с каждой из последующих — от RR до ZZ, после чего используют комбинации букв от A до Q с каждой последующей — от AA до QZ (из всех вариантов исключается буква J, которую легко спутать с I). Число таких буквенных сочетаний — 334. Поэтому, если в каком-то созвездии открыто большее количество переменных звёзд, они обозначаются буквой V (от *англ.* variable — «переменный») и порядковым номером начиная с 335, к которым добавляется трёхбуквенное обозначение созвездия. Например, R Lyr, S Car, RT Per, V557 Sgr и т. д.

ОПИСАНИЕ СОЗВЕЗДИЙ

Андромеда. Это созвездие легко найти: оно лежит к востоку от Большого Квадрата Пегаса, который осенними вечерами расположен в южной стороне неба. Андромеда состоит из трёх цепочек звёзд, выходящих из северного угла Квадрата к северо-востоку, в сторону Персея. Согласно греческому мифу, Андромеда — дочь эфиопского царя Цефея (Кефея) и царицы Кассиопеи. Грозный бог морей Посейдон предназначил царевну в жертву морскому чудовищу, но Персей спас её.

Самые замечательные объекты в этом созвездии — галактика M 31 (туманность Андромеды) и два её спутника: галактики M 32 и NGC 205. Туманность Андромеды была известна арабам ещё в X в., а европейские учёные обнаружили её только в XVII столетии. Диаметр M 31 около 120 тыс. световых лет; по строению она очень похожа на нашу Галактику. Расстояние до неё немногим более 2 млн световых лет. Найти туманность Андромеды на городском небе нелегко. Влево от Большого Квадрата тянутся три яркие звезды Андромеды — α (верхний угол Квадрата), β и γ. От средней из них (β) вправо-вверх лежат две слабые звёздочки μ и ν. А чуть правее и выше ν расположено туманное пятнышко M 31. Если отвести взгляд немного в сторону, боковое зрение поможет увидеть далёкую галактику.



Андромеда.

Близнецы. Зодиакальное созвездие с фигурой, оправдывающей название. Звёзды Кастор и Поллукс представляют головы близнецов, а тела их спускаются к Млечному Пути, в сторону Ориона. Греки назвали эти звёзды в честь сыновей Зевса — близнецов Кастора и Полидевка, который в латинизированной форме именуется Поллуксом.

Байер определил Кастор как α Близнецов, хотя сейчас он светит



Близнецы.



Василия Яковлевича Струве были составлены каталоги на эпохи 1845, 1865, 1885, 1905 и 1930 гг., обладавшие повышенной точностью. Большое значение имели также каталоги Гринвичской, Вашингтонской, Капской (Южная Африка) обсерваторий.

О росте точности каталогов говорят такие числа. У Тихо Браге, которого считают лучшим наблюдателем дотелескопической эпохи, точность измерений составляла 1—2′. У Джона Флемстида, первого Королевского астронома Англии (директора Гринвичской обсерватории), ошибка уже не превышала нескольких секунд дуги. А ведь его отделяет от Тихо Браге только одно столетие. В середине XVIII в. Королевский астроном Джеймс Брадлей уменьшил погрешность до 1″. Точность современных наблюдений измеряется десятыми долями секунды.

КАКИЕ БЫВАЮТ КАТАЛОГИ

Современные звёздные каталоги можно разделить на две группы: фундаментальные каталоги и звёздные обозрения. Первые содержат сравнительно немного звёзд (несколько сот), но их положения определены с наивысшей для своего времени точностью. В 1938—1940 гг. был опубликован «Третий фундаментальный каталог Берлинского астрономического ежегодника», более известный как FK 3. Он содержал координаты 1535 звёзд, равномерно распределённых по всему небу. Много лет этот каталог служил опорным для всех астрометрических работ. Ревизия каталога FK 3 завершилась созданием каталога FK 4, содержащего те же звёзды, но более точного, чем FK 3. В настоящее время подготовлен новый каталог — FK 5.

Координаты, приводимые в звёздных обозрениях, не столь точны, как в фундаментальных каталогах, зато обозрения охватывают много звёзд, из которых часть может представлять специальный интерес для астрофизиков и астрономов-звёздников. Например, в них могут оказаться переменные, двойные и другие необычные звёзды.

Примером звёздного обозрения является «Боннское обозрение неба», составленное Фридрихом Аргеландером с двумя помощниками в 1859—1862 гг. и содержащее 324 тыс. звёзд северного полушария неба. В 80-х гг. XIX в. «Боннское обозрение» было продолжено до склонения −23°, а затем Кордовская (Аргентина) и Капская обсерватории продолжили его до южного полюса.

Существуют специальные каталоги переменных звёзд, белых карликов, пульсаров, квазаров и других объектов неисчерпаемого мира звёзд и галактик.

Широко известен каталог туманностей и звёздных скоплений французского астронома Шарля Мессье (1781 г.). Увлёкшись поиском и исследованием комет, он все ночи напролёт проводил у телескопа. Кометы в телескоп выглядят слабыми туманными пятнышками, медленно, едва заметно перемещающимися по небу. По виду на них похожи многие туманности и галактики, только они постоянно находятся на одном и том же месте среди звёзд. Чтобы эти туманные пятна впредь не мешали поискам комет, Мессье и составил свой каталог, описав их положение и основные видимые характеристики. В астрономию прочно вошли обозначения мно-

Туманность NGC 3034. (М 82 по каталогу Шарля Мессье).







Большой Пёс.

солнечного, но масса такая же, как у Солнца. Поэтому спутник Сириуса имеет фантастическую плотность — тонна на кубический сантиметр!

В 4° к югу от Сириуса находится очень красивое рассеянное звёздное скопление М 41.

Весы. В «Альмагесте» Птолемея это созвездие описано как «клешни» Скорпиона; лишь незадолго до начала христианской эры римляне дали ему нынешнее имя. До сих пор звёзды α и β Весов называют Южной и Северной Клешнями.

Водолей. Расположен в зодиаке между Козерогом и Рыбами. У древних шумеров это было одно из священных созвездий, поскольку оно олицетворяло бога неба Ана, дающего земле живительную воду. Арат и Птолемей называли его Водолеем и представляли как юношу, льющего воду из кувшина в рот Южной Рыбе. Водолей состоит из слабых звёзд, но в нём есть красивая двойная звезда ζ, две планетарные туманности и шаровое звёздное скопление М 2.

Возничий. Звёздный пятиугольник, лежащий к северу от Близнецов. Это созвездие было выделено более 2500 лет назад. Возничим, имя которого носит созвездие, считается Посейдон: он мчится по морю в колеснице, запряжённой длинногривыми конями. Значит, это одно из созвездий, связанных с мифом об Андромеде. Ярчайшую звезду в нём шумеры, а вслед за ними греки и арабы именовали «звездой козы», а римляне называли «маленькой козочкой» — Капеллой. Это спектрально-двойная звезда с периодом 104 суток. Её светимость в 150 раз выше солнечной. В созвездии три прекрасных рассеянных скопления: М 36, М 37 и М 38.



Возничий. Изображение созвездия в старинном атласе.

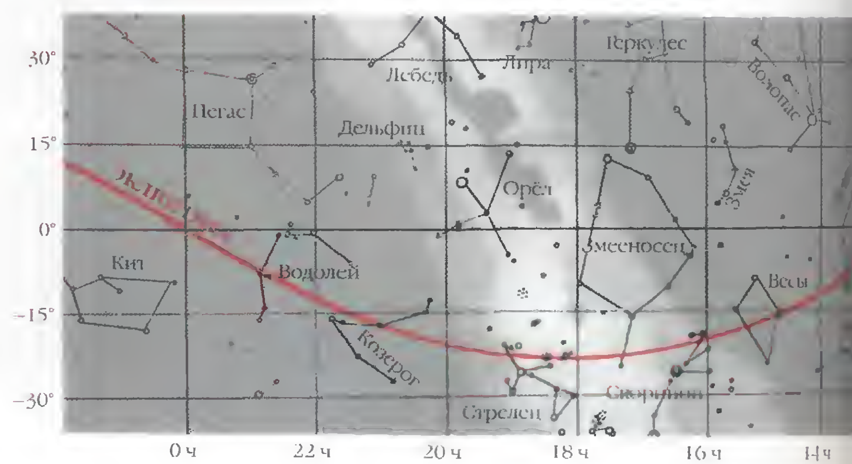
Волк. Лежит к югу от Весов. Шумеры называли его Чудовище Смерти, а греки — просто Зверь.

Волопас. Это большое созвездие всё лето можно наблюдать в северном полушарии. Его главную звезду Арктур (*греч.* «страж медведя») легко найти,



Волопас. Изображение созвездия в старинном атласе.

Северное полушарие.





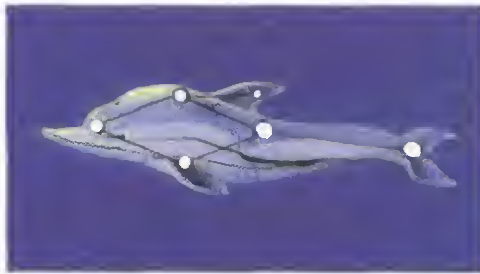
Дева. Созвездие лежит в зодиаке между Львом и Весами. Ярчайшая звезда — Спика (α Девы), что на латинском значит «колос». В мифах Дева представляет богиню любви и материнства.

Любопытна звезда γ Девы по имени Поррима. Это двойная система с очень вытянутой орбитой и периодом 171 год. Блеск каждого из её компонентов 3,5 звёздной величины. Максимальное расстояние между ними в 1925 г. составляло около 6″; к 2011 г. оно уменьшится до 0,5″.



Рядом со звездой ρ Девы находится очень интересная галактика M 87 (она же радиогалактика Дева А) примерно 9-й звёздной величины. Это чрезвычайно массивная эллиптическая звёздная система, из ядра которой выбрасывается мощная плазменная струя. В Деве расположен и самый яркий квазар 3С 273, один из ближайших к нам. Но даже он настолько далёк и слаб (12-й звёздной величины), что его можно увидеть только в большой телескоп.

Дельфин. Симпатичная маленькая группа звёзд между Орлом и Лебедем, похожая на ромбик с хвостиком. Согласно греческому мифу, дельфин помог Посейдону найти его будущую супругу — морскую нимфу Амфитриту, за что и был помещён на небо.



Дельфин.

Дракон. Длинное созвездие, охватывающее Малую Медведицу с трёх сторон. Греческий миф говорит, что это дракон Ладон, охранявший дерево с золотыми яблоками вечной молодости; добывая эти яблоки, Геракл убил дракона. С 3700 до 1500 г. до н. э. вблизи α Дракона располагался северный полюс мира.

◂ Дева.



Дракон.

Единорог. Это созвездие впервые появилось в каталоге Гевелия в 1690 г. Находится оно между Большим Псом, Малым Псом и Орионом. Хотя лежит в Млечном Пути, ярких звёзд не имеет.

Жертвенник. Одно из древнейших созвездий под «хвостом» Скорпиона. Многие его звёзды лежат в Млечном Пути. Шумеры называли его созвездием Древнего Жертвенного Огня, а Птолемей — Кадилом.

Живописец. Созвездие введено в XVIII в. французским астрономом Никола Луи де Лакайлем под названием Живописный Станок, т. е. мольберт. Это маленькая группа слабых звёзд к югу от Голубя.

Жираф. Большое созвездие, протянувшееся от Персея, Возничего и



например, подвижная карта звёздного неба. При переходе к наблюдениям посложнее понадобятся уже более подробные карты, где изображены все звёзды, видимые невооружённым глазом.

Часто звёздные карты объединяют в сборники — звёздные атласы. Атласы могут включать звёзды всей небесной сферы или больших её частей. Так, в «Звёздном атласе» А. А. Михайлова (1965 г.) отмечены положения всех звёзд до 5,5 звёздной величины, видимых в наших широтах, т. е. звёзд со склонением больше –40 °. Координатная сетка в этом атласе дана для равноденствия 1950 г., что при мелком масштабе карт ещё на значительное время делает практически незаметным влияние прецессии. Другой вариант «Звёздного атласа» А. А. Михайлова (1969 г.), содержащий звёзды уже до 8,25 звёздной величины, незаменим для наблюдений с биноклем или небольшим телескопом.

Подробную информацию об объектах астрономических наблюдений можно найти и в «Атласе звёздного неба», изданном Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом (ВАГО) в 1991 г. Он включает 20 карт со звёздами обоих полушарий до 6,5 звёздной величины, пояснения к картам и каталог всех изображённых на картах звёзд и объектов. Наблюдателям будет интересен также «Звёздный атлас» В. А. Каширина (1991 г.), содержащий 107 фотографий избранных областей неба.

Для специальных наблюдений служат детальные крупномасштабные карты и фотографические карты с изображением слабых звёзд, которые видны только в телескопы. Чем слабее звёзды, тем больше их на небе. В средние бинокли можно разглядеть в 40 раз больше звёзд, чем невооружённым глазом, а если посмотреть в школьный телескоп, количество звёзд на небосводе увеличится более чем в 1000 раз. Поэтому, приступая к наблюдениям в бинокль или телескоп, нужно непременно запастись звёздными картами.

РАСПОЛОЖЕНИЕ СВЕТИЛ «НА ЗАВТРА»

Чтобы найти на небе какую-нибудь звезду или другое светило, не меняющее своего положения относительно звёзд (например, туманность), нужно воспользоваться картой звёздного неба либо соответствующим каталогом. Но есть такие светила, небесные координаты которых (склонение и прямое восхождение) непрерывно и достаточно быстро меняются, так что их нельзя ни изобразить на карте, ни занести в каталог. Это Солнце, Луна, планеты, кометы, астероиды. Чтобы знать, где их искать на небе, нужно заранее рассчитать их положение. Положения светил, предвычисленные на определённые моменты времени в будущем, называются *эфемеридами*. В астрономии есть специальный раздел, занимающийся движением небесных тел, — небесная механика. Её методы позволяют рассчитывать эфемериды.

Солнце, разумеется, легко найти на небе без всякой эфемериды. Однако эфемериды Солнца вычисляются и публикуются для других астрономических расчётов. Ведь движения всех

Венера на вечернем небе.







◂ Кит.

пом, чтобы разрушить страну Цефея и проглотить его дочь Андромеду.

Самой известной звездой в Ките является Мира (*лат.* «удивительная»). Это долгопериодическая переменная звезда, красный гигант, изменяющий блеск от 2-й до 10-й звёздной величины с периодом 332 дня.

А скромная звёздочка τ Кита по своим характеристикам очень похожа на Солнце, что и сделало её знаменитой в начале 60-х гг. В 1960 г. американский радиоастроном Фрэнсис Дрэйк осуществил первый эксперимент по поиску сигналов внеземных цивилизаций на волне 21 см от двух ближайших к нам звёзд солнечного типа, у которых предполагалось наличие планетных систем. Это были τ Кита и ε Эридана. Тогда сигналов обнаружить не удалось. Но ведь это было лишь начало. С тех пор эти две звезды постоянно находятся в активе радиоастрономов, пытающихся принимать внеземные радиограммы.

Козерог. Зодиакальное созвездие. Древние называли его Рыба-Коза, и в таком виде оно изображено на многих картах. Расположено ниже и западнее Водолея. Его самую северную звезду — α Козерога — можно различить как двойную невооружённым глазом.

Компас. Созвездие южного полушария, введённое Лакайлем под названием Компас Мореплавателя.

Корма. Часть некогда большого созвездия Корабль Арго. Лежит в Млечном Пути, содержит много интересных звёзд, среди которых затменная переменная V Кормы, меняющая свой блеск от 4,74 до 5,25 звёздной величины с периодом 1,45 суток.

Лебедь. Выразительная фигура в виде креста из ярких звёзд в Млечном Пути. Вавилоняне называли это созвездие Лесной Птицей; арабы — Курицей; а греки считали Лебедем, летящим вдоль Млечного Пути. Согласно мифу, в образе лебедя Зевс соблазнил жену спартанского царя Леду, от их союза родились прекрасная Елена и небесные близнецы Кастор и Полидевк (Поллукс).



Лебедь.

На вершине креста, в хвосте фигуры Лебедя, находится яркая звезда Денеб. Вместе с Вегой (α Лиры) и Альтаиром (α Орла) она образует осенне-летний треугольник. Денеб по-арабски означает «хвост курицы». В Млечном Пути вблизи Денеба видна тёмная область — Северный Угольный Мешок. Звезда в «голове птицы»,



◂ Козерог и Водолей. Изображение созвездий в старинном атласе.



«Эфемериды малых планет», издаваемый Институтом теоретической астрономии РАН. Эфемериды комет часто публикуют в периодических астрономических изданиях или в электронных средствах информации, поскольку потребность в них может возникнуть раньше, чем выйдет очередной ежегодный сборник эфемерид.

Из числа периодических изданий, публикующих эфемериды ближайших астрономических явлений, отметим журналы для любителей астрономии «Земля и Вселенная» и «Звездочёт».

ОБИТАТЕЛИ НЕБА. СОЗВЕЗДИЯ

В давние времена созвездиями называли характерные группы ярких звёзд, которым давали имена, заимствованные из мифологии (Андромеда, Геркулес) или из быта (Весы, Телега). Эти названия весьма условны, и фигуры созвездий редко им соответствуют. Однако само выделение созвездий оказалось очень полезным: оно позволило создать первые календари и значительно облегчило ориентирование — как среди небесных объектов, так и при путешествиях по Земле. Даже современные астрономы и навигаторы не отказались от деления неба на созвездия, хотя этот термин теперь обозначает не просто группу ярких звёзд, а участок небесной сферы, на котором она расположена, со всеми находящимися там объектами.



Изображение созвездия Козерога в Изборнике Святослава. XI в.

ДРЕВНИЕ СОЗВЕЗДИЯ

Созвездия — это памятники древней культуры человека, его мифологии, его первого интереса к звёздам. Некоторые созвездия были выделены ещё в бронзовом веке, в те времена, когда наши предки только начали познавать окружающий мир, наблюдать движение Солнца и Луны.

Изображение созвездия Льва в Изборнике Святослава. XI в.



Чтобы запомнить пути движения светил, люди отмечали важнейшие звёзды, мимо которых те перемещаются на небе. Поэтому старейшими считаются созвездия зодиакального пояса, ведь именно вдоль него проходит линия годичного движения Солнца — эклиптика. Сейчас в зодиаке насчитывают 13 созвездий, в основном носящих имена реальных или мифических животных (зодиак в переводе с греческого и означает «круг животных»). В прежние времена зодиакальный пояс делили на 12 созвездий, выполнявших роль календаря: в каждом из них Солнце проводило приблизительно один месяц. Эти группы звёзд выделяли жители Месопотамии, Финикии, Греции и других областей Восточного Средиземноморья.

В 275 г. до н. э. древнегреческий поэт Арат в дидактической поэме «Явления» описал известные ему созвездия. Четыре века спустя астроном и математик Клавдий Птолемей создал «Альмагест», в котором указаны положения ярчайших звёзд в 48 созвездиях (преимущественно северного неба). Из них 47 сохранили свои имена до наших дней, теперь мы называем эти созвездия древними.

В разное время и у разных народов принципы деления неба на созвездия существенно различались. Так, в Китае в древности была распространена карта, на которой звёздное небо разбивалось на четыре части, в каждой из них располагалось по 7 созвездий, т. е. всего 28. А монгольские учёные XVIII в. насчитывали 237 созвездий.

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННЫХ СОЗВЕЗДИЙ

После кругосветных плаваний Магеллана и других путешественников XVI в. астрономы поняли, что значительная часть южного неба ещё не разделена на созвездия. Это привело



звезды Процион по-гречески означает «тот, который до собаки»: Процион восходит перед Сириусом (α Большого Пса). Подобно Сириусу, Процион имеет спутник — белый карлик с периодом обращения 40,7 года. Светимость Проциона в семь раз выше солнечной, а расстояние до него 11,3 световых года. Его видимая звёздная величина 0,37. На древних картах Большой и Малый Псы сопровождают охотника Ориона.

Микроскоп. Невзрачное созвездие, лежащее между Козерогом и Индейцем. Введено Лакайлем.

Муха. Маленькое, но красивое созвездие в Млечном Пути, к югу от Южного Креста. Впервые появилось в атласе Галлея в 1679 г.

Насос. Современное созвездие, которому Лакайль дал название Воздушный Насос. Расположено к востоку от Компаса.

Наугольник (т. е. угломер). Созвездие введено Лакайлем; лежит к северу от Южного Треугольника.

Овен (т. е. баран). Одно из наиболее заметных созвездий зодиака. Лежит к югу от Треугольника и Персея. Разумеется, это тот самый золоторунный баран, о котором повествуют греческие легенды. Ярчайшая звезда — Гамаль, что по-арабски значит «подросший ягнёнок».



Овен.

Октант. Это созвездие введено Лакайлем. В нём лежит южный полюс мира, но, к сожалению, нет ярких звёзд.

Орёл. Красивое созвездие, которое легко распознать по трём ярким звёздам, расположенным почти по одной прямой на шее, спине и левом плече фигуры Орла. Две звезды «хво-

СОЗВЕЗДИЯ И ЗНАКИ ЗОДИАКА

Весьма популярны созвездия зодиакального пояса. Они имеют древнюю астрологическую историю. В давние времена каждое из этих созвездий обозначалось особым знаком (символом). Эклиптика была разделена на 12 равных частей, которые также назвали *знаками зодиака*. Их отсчёт вёлся от точки весеннего равноденствия. Такие созвездия важны для астрономов, поскольку на их фоне разыгрываются основные события в Солнечной системе.

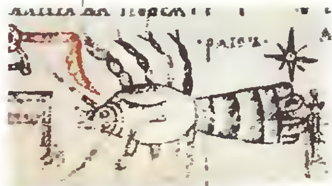
Но время идёт. Медленное конусообразное движение земной оси, вызванное гравитационным влиянием на нашу планету Луны и Солнца, приводит к перемещению точки весеннего равноденствия по эклиптике к западу. Это явление называется прецессией, или предварением равноденствия. За прошедшие несколько тысячелетий точка весеннего равноденствия переместилась из созвездия Тельца через Овна в Рыбы. В результате весь зодиакальный ряд созвездий как бы сместился на два положения — ведь отсчёт по традиции начинается от того созвездия, в котором расположена точка весеннего равноденствия. Например, Рыбы когда-то были одиннадцатым зодиакальным созвездием, а теперь — первое; Телец считался первым, стал третьим. Примерно в 2400 г. точка весеннего равноденствия переместится из Рыб в Водолея, и тогда он будет первым созвездием зодиака.

В то же время зодиакальные знаки, которые применяют астрологи для обозначения равновеликих участков эклиптики, жёстко связаны с точками равноденствия и следуют за ними. Два тысячелетия назад, когда писались классические руководства, до сих пор используемые астрологами, зодиакальные знаки располагались в одноимённых созвездиях зодиака. Но перемещение точки равноденствия привело к тому, что зодиакальные знаки теперь расположены в других созвездиях. Так что Солнце попадает в определённый знак зодиака на две—пять недель раньше, чем доберётся до одноимённого созвездия.

Знак зодиака	Созвездие	Дата вступления Солнца	
		в созвездие	в знак зодиака*
♑	Козерог	19 января	22 декабря
♒	Водолей	15 февраля	20 января
♓	Рыбы	11 марта	18 февраля
♈	Овен	18 апреля	20 марта
♉	Телец	13 мая	20 апреля
♊	Близнецы	21 июня	21 мая
♋	Рак	20 июля	21 июня
♌	Лев	10 августа	23 июля
♍	Дева	16 сентября	23 августа
♎	Весы	30 октября	23 сентября
♏	Скорпион	22 ноября	23 октября
—	Змееносец	29 ноября	—
♐	Стрелец	17 декабря	22 ноября

*Даты вступления Солнца в границы созвездий и в одноимённые знаки зодиака указаны для 1994 г. В другие годы эти даты могут отличаться на один-два дня.





Изображение созвездия Рака в Изборнике Святослава. XI в.



Изображение созвездия Стрельца в Изборнике Святослава. XI в.

обозначениями в «чужие» созвездия. На III Ассамблее МАС (Лейден, 1928 г.) были утверждены границы созвездий к северу от склонения −12°. Наконец в 1930 г. бельгийский астроном Эжен Дельпорт опубликовал карты и подробное описание новых границ созвездий. Правда, после этого ещё вносились некоторые уточнения, и только в 1935 г. астрономическая общественность решила: стоп, раздел неба закончен.

Разбив небо на созвездия, профессиональные астрономы не позаботились о стандартизации звёздных фигур, оставив это развлечение любителям астрономии. В действительности это не такое уж пустое занятие: удачно найденный способ соединить яркие звёзды в выразительный рисунок, да ещё связанный с названием созвездия, делает его запоминающимся, помогает ориентироваться на звёздном небе. Это важно и любителям астрономии, и навигаторам, и путешественникам.

Профессионалам рисунок созвездия уже не столь важен, поскольку современный телескоп наводится на небесные объекты автоматически по координатам. Вообще говоря, для большинства астрономов и само понятие «созвездие» постепенно уходит в прошлое. Ныне его используют в основном исследователи переменных звёзд и структуры Галактики.

ИМЕНА И ОБОЗНАЧЕНИЯ ЗВЁЗД

В нашей Галактике более 100 млрд звёзд. Около 0,004% из них занесено в каталоги. Остальные безымянны и даже не считаны.

Самые яркие звёзды у каждого народа получали свои имена. Многие из ныне употребляющихся, например Альдебаран, Алголь, Денеб, Ригель, имеют арабское происхождение. Сейчас астрономам известно 275 исторических имён звёзд; часто они связаны с названиями своих созвездий. Так, имя звезды Бетельгейзе (в созвездии Ориона) означает «плечо гиганта», Денебола (созвездие Льва) — «хвост льва» и т. д.

Приступив в конце XVI в. к детальному изучению неба, астрономы столкнулись с необходимостью иметь обозначения звёзд. И вот в 1603 г. немецкий астроном Иоганн Байер издал прекрасно иллюстрированный атлас «Уранометрия», где изображены созвездия и давшие им названия легендарные фигуры. Звёзды здесь впервые были обозначены буквами греческого алфавита приблизительно в порядке убывания их блеска: α (альфа) — ярчайшая звезда созвездия, β (бета) — вторая по блеску и т. д. Когда не хватало греческих букв, Байер использовал латинские. Полное обозначение звезды состояло из упомянутой буквы и латинского названия созвездия. Например, Сириус, ярчайшая звезда в созвездии Большого Пса (Canis Major), обозначается как α Canis Majoris, или сокращённо α CMa; а Алголь, вторая по яркости звезда в Персее, — β Persei, или β Per.

Джон Флемстид, первый Королевский астроном Англии, занимавшийся определением точных координат звёзд, ввёл иную систему их обозначения, не связанную с блеском. В каждом созвездии он присвоил звёздам номера в порядке увеличения их прямого восхождения, т. е. в той последовательности, в которой они пересекают меридиан. Так, Арктур, он же α Волопаса (α Bootes), обозначен как 16 Bootes.

Некоторые выдающиеся звёзды носят имена астрономов, впервые описавших их уникальные свойства. Например, звезда Барнарда названа в честь американского астронома Эдуарда Эмерсона Барнарда, а звезда Каптейна — в честь нидерландского астронома Якобуса Корнелиуса Каптейна.

На современных картах звёздного неба обычно указывают древние собственные имена ярких звёзд и греческие буквы по Байеру (латинские буквы используют редко); остальные звёзды обозначают согласно Флемстиду.

Переменные звёзды обозначают латинскими прописными буквами от



и вместе с α Андромеды образует легко узнаваемый Большой Квадрат.

Вавилоняне и древние греки называли его просто Конём; имя Пегас впервые появляется у Эратосфена. Оно связано с греческой легендой о герое Беллерофонте, который получил от богов крылатого коня Пегаса, взлетел на нём и убил крылатое чудовище Химеру.

Персей. Расположен в Млечном Пути к востоку от Андромеды. По греческому мифу, Персей спас Андромеду от морского чудовища.

Очень интересна затменная переменная звезда Алголь (β Персея), что по-арабски значит «звезда дьявола». Это сложная система из трёх или четырёх звёзд, две из которых с периодом 2,87 суток затмевают друг друга; в такие моменты блеск звезды уменьшается от 2,06 до 3,28 звёздной величины. Первым это затмение обнаружил 8 ноября 1670 г. профессор Джеминиано Монтанари из Модены (Италия).

Печь. Экваториальное созвездие; введено Лакайлем под именем Химическая Печь.

Райская Птица. Это южное созвездие впервые появилось в атласе Байера.

Рак. Самое неприметное созвездие зодиака, которое можно увидеть лишь в ясную ночь между Львом и Близнецами. Согласно мифу, рак ущипнул Геракла за ногу, когда тот сражался с гидрой; Геракл раздавил рака, позже Гера поместила его на небо.

В созвездии Рака можно обнаружить неяркую, но симпатичную звёздную группу: это Ослята (γ и δ Рака), а между ними их кормушка — Ясли, рассеянное звёздное скопление М 44. Оно подобно Плеядам, но расположено в несколько раз дальше. Поэтому невооружённому глазу Ясли представляются туманной звёздочкой, а в бинокль видно, что это звёздное скопление. Другое скопление — М 67 — лежит на 2° к западу от α Рака. Это одно из старейших рассеянных скоплений, находящееся высоко над плоскостью Галактики.

Резец. Этот «инструмент гравёра» вознесён на южное небо Лакайлем. Все звёзды в нём слабые.

Рыбы. Созвездие лежит в зодиаке между Водолеем и Овном. Обычно его делят на Северную Рыбу (под Андромедой) и Западную Рыбу (между Пегасом и Водолеем).

Рысь. Современное созвездие, введённое Гевелием. Лежит между Большой Медведицей и Возничим, к северо-востоку от Близнецов. Содержит исключительно слабые звёзды.

Северная Корона. Созвездие, расположенное между Волопасом и Геркулесом, в древности называлось просто Короной или Венцом. Это самое красивое из маленьких созвездий. Семь сравнительно ярких звёзд образуют незамкнутое кольцо, поэтому арабы называли эту группу звёзд аль-Факка — «разорванная». Теперь это имя носит ярчайшая звезда созвездия — Альфекка. В Северной Короне несколько известных переменных звёзд. Среди них вспыхивающая новоподобная звезда T Северной Короны и её антипод — R Северной Короны, время от времени демонстрирующая резкое понижение блеска.

Секстант. Созвездие введено Гевелием под названием Небесный Секстант (в честь его любимого астрономического прибора, сгоревшего вместе с обсерваторией в 1679 г.). Расположено к югу от Льва.

Сетка. Созвездие введено Лакайлем как Ромбоидальная Сеть; лежит к западу от Золотой Рыбы.

Скорпион. Зодиакальное созвездие, расположенное между Стрельцом



Скорпион.



слабее Поллукса. Выходит, или Поллукс с тех пор стал ярче, или блеск Кастора ослаб. А может быть, Байер ошибся...

Кастор — визуальная тройная система, причём оба её ярких компонента являются спектрально-двойными звёздами, а слабый — затменная двойная. Значит, Кастор — это кратная система из шести звёзд. Расстояние его от Солнца 45 световых лет.

Большая Медведица. Крупное северное созвездие, семь ярких звёзд которого образуют известный Ковш. Греческий миф повествует о том, что прекрасную нимфу Каллисто Зевс превратил в медведицу, чтобы спасти её от мести своей ревнивой супруги Геры.

Прямая линия, проведённая через звёзды α и β, указывает на Полярную звезду. У всех звёзд Ковша есть свои имена: Дубхе (α) по-арабски значит «медведь»; Мерак (β) — «поясница»; Фекда (γ) — «бедро»; Мегрец (δ) — «корень» (начало хвоста); Алиот (ε) — смысл не ясен; Мицар (ζ) — «набедренная повязка»; Алькаид (или Бенетнаш, η) — «хозяин». Все они 2—3-й звёздной величины. Обозначая звёзды греческими буквами в соответствии с убыванием их блеска, Байер не придерживался этой системы для звёзд Ковша: здесь порядок букв просто соответствует порядку звёзд. Рядом с Мицаром зоркий глаз различит звезду 4-й звёздной величины — Алькор (*перс.* «незначительная» или «забытая»).

Любопытно, что пять звёзд Ковша (кроме α и η) действительно составляют в пространстве единую группу, довольно быстро перемещающуюся по небу; поэтому рисунок Ковша за 100 тыс. лет заметно меняется.

Большой Пёс. Лежит к юго-востоку от Ориона. В этом созвездии находится ярчайшая звезда неба — Сириус (−1,5 звёздной величины).

Сириус, как и само созвездие, уже 5 тыс. лет назад ассоциировался с собакой; его древнейшее шумерское название означает «собака солнца». В Египте же его звали «предвосхищающей» звездой. Это была звезда богини Исиды; её утренний восход предвещал разлив Нила. Греки называли Сириус просто «собакой», а римляне — «собачкой», по-латински Canicula. После долгого зимнего перерыва эта звезда впервые появлялась в июле, знаменуя наступление самого жаркого времени года. На эти знойные, «собачьи» — каникулярные — дни патриции уезжали на загородные виллы. Отсюда и произошло слово «каникулы». Название Сириус, вероятно, связано с греческим seirios — «ярко горящий».

У Сириуса есть спутник — белый карлик, обращающийся вокруг главной звезды с периодом 50 лет. Его светимость в 10 тыс. раз слабее, чем у Сириуса, радиус в 100 раз меньше



Большая Медведица.



Большая Медведица на небе.



вых года) от Солнца и позволяет изучать себя во всех деталях. Из-за близости к нам Гиады занимают на небе огромную площадь в 400 квадратных градусов, которую могли бы покрыть только 2 тыс. лунных дисков! Альдебаран не входит в скопление Гиады, этот красный гигант вдвое ближе к нам.

Треугольник. Маленькое древнее созвездие, лежащее юго-восточнее Андромеды. Важнейший объект в нём — спиральная галактика М 33, член Местной группы галактик, как и туманность Андромеды (М 31). Обе они расположены симметрично относительно звезды β Андромеды и находятся от нас на расстоянии 2 млн световых лет. Но в отличие от туманности Андромеды, наблюдаемой почти с ребра, галактика М 33 развёрнута к нам своей плоскостью.

Тукан. Созвездие выделено Байером; лежит к югу от Журавля и Феникса. В нём видны соседняя с нами галактика Малое Магелланово Облако и изумительной красоты шаровое скопление 47 Тукана.

Феникс. Южное созвездие; введено Байером.

Хамелеон. Южное созвездие; введено Байером.

Центавр (Кентавр). Одно из самых южных созвездий, известных древним. Первоначально в него включали звёзды, из которых позже было образовано созвездие Южный Крест. Но и без них Центавр — большое созвездие, содержащее множество ярких звёзд.



Центавр. Изображение созвездия в старинном атласе.

Согласно греческим мифам, кентавр, попавший на небо, — это мудрый Хирон, сын титана Кроноса и нимфы Филиры, знаток науки и искусства, воспитатель греческих героев: Ахилла, Асклепия, Ясона.

Ярчайшая звезда созвездия — α Центавра, которую древние звали Ригиль Кентаврус («нога кентавра»), — ближайшая к Солнцу звезда. Расстояние до неё 4,3 световых года. Это визуальная тройная звезда; звёздные величины её компонентов: –0,04; 1,17 и 10,68. Ярчайший из них по массе и спектру очень похож на Солнце. А третий, самый слабый компонент был открыт английским астрономом Робертом Иннесом в 1915 г. Он оказался к нам ближе всех (4,16 светового года). Звёздочку назвали Проксимой (*лат.* «ближайшая»). Это вспыхивающий маломассивный красный карлик.

Цефей (Кефей). Это имя мифического эфиопского царя, супруга Кассиопеи, отца Андромеды. Созвездие расположено между Кассиопеей и Малой Медведицей; ярких звёзд в нём нет.

Большой класс пульсирующих переменных звёзд-цефеид, назван так по имени звезды δ Цефея. Её блеск изменяется от 3,8 до 4,6 звёздной величины с периодом 5,4 суток. К тому же она симпатичная визуальная двойная. А VV Цефея — самая большая среди известных нам звёзд: это двойная затменная переменная система, главный компонент которой в 2 тыс. раз больше Солнца.

Циркуль. Маленькое созвездие южного неба, введённое Лакайлем. α Циркуля — великолепная визуальная двойная.

Часы. Созвездие введено Лакайлем; лежит к югу от Эридана в виде узкой длинной полосы. Ярких звёзд не содержит.

Чаша. Небольшое созвездие к западу от Ворона.

Щит. Созвездие введено Гевелием под именем Щит Собеского — в честь знаменитого полководца, польского короля Яна Собеского. Лежит в Млечном Пути между Орлом, Стрельцом и



продолжив «хвост» Большой Медведицы на 30° к югу. Эта ярчайшая звезда к северу от небесного экватора с визуальной звёздной величиной –0,06 и светимостью в 115 раз выше солнечной удалена от нас на расстояние 36 световых лет.

Древние считали Волопаса одним из важнейших созвездий; шумеры называли его созвездием Преданного Небесного Пастуха, а греки — Погонщиком Волов и Стражем Медведя.

Волосы Вероники. Созвездие между Гончими Псами и Девой Эратосфен (III в. до н. э.) называл Волосами Ариадны, а Птолемей вообще относил эти звёзды к созвездию Льва. Но рождение созвездия имеет точную датировку: оно названо в честь Вероники — жены египетского царя Птолемея III Эвергета (правил в 246—221 гг. до н. э.). Согласно преданию, она отрезала свои прекрасные волосы и поместила их в храме Венеры в благодарность за военную победу, дарованную её мужу богами. А когда волосы из храма пропали, жрец-астроном Конон заявил Веронике, что Зевс взял их на небо. Лишь в 1602 г. созвездие было официально включено в каталог Тихо Браге. В этом созвездии лежит северный галактический полюс.

Ворон. Маленькое созвездие в виде неправильного четырёхугольника к югу от Девы. Вавилоняне отождествляли его с птицей-богом Анзуд, похитившей таблицы судеб у верховного божества Энлиля. Очень красива визуально-двойная звезда δ Ворона.

Геркулес. Расположен между Лирой и Волопасом. У греков это созвездие упоминалось ещё в V в. до н. э. под именем Геракл. Геракл (у римлян Геркулес) — прославленный герой, сын Зевса и смертной женщины Алкмены. Чтобы обрести бессмертие, он должен был совершить 12 подвигов. Целый ряд древних созвездий связан со сказаниями о подвигах Геракла.

Красивая двойная звезда α Геркулеса носит имя Рас Альгети, что по-арабски значит «голова коленопреклонённого».

Украшением созвездия служит шаровое скопление M 13, расположенное под правым «плечом» Геркулеса.



Геркулес. Изображение созвездия в старинном атласе.

Невооружённым глазом оно различимо как туманное пятнышко между звёздами η и ζ, а в телескоп выглядит просто восхитительно!

Гидра. Крупнейшее созвездие, протянувшееся от Рака на западе до Весов на востоке. Шесть звёзд под Раком — это «голова» водяного чудовища. Согласно греческому мифу, победа над лернейской гидрой — один из 12 подвигов Геракла. Ярчайшую из звёзд, α Гидры, арабы именовали Альфард, что значит «одинокая», поскольку вблизи неё нет других ярких звёзд. Её также часто называют Сердцем Гидры или Сердцем Большого Змия.

Голубь. Созвездие введено Байером; известно также как Голубь Ноя. Лежит к юго-западу от Большого Пса, рядом с созвездиями Корабля Арго (Корма, Киль, Паруса), который иногда рассматривают как Ноев Ковчег.

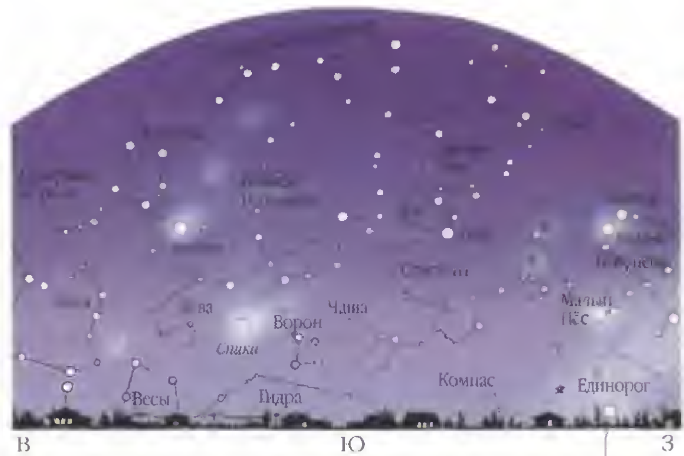
Гончие Псы. Созвездие к юго-западу от Большой Медведицы. Название ему присвоил в XVII в. польский астроном Ян Гевелий.

В 1725 г. Эдмунд Галлей дал звезде α Гончих Псов имя Сердце Карла (Cor Caroli) в честь английского короля Карла II. Это красивая двойная звезда, один из компонентов которой — спектрально-двойная. Широко известна также спиральная галактика M 51 9-й звёздной величины, расположенная в 3° к юго-западу от последней звезды «хвоста» Большой Медведицы. На конце её спирального рукава видна галактика-спутник.





◄◄ Весеннее небо. Северная сторона горизонта.



▲ Весеннее небо. Южная сторона горизонта.

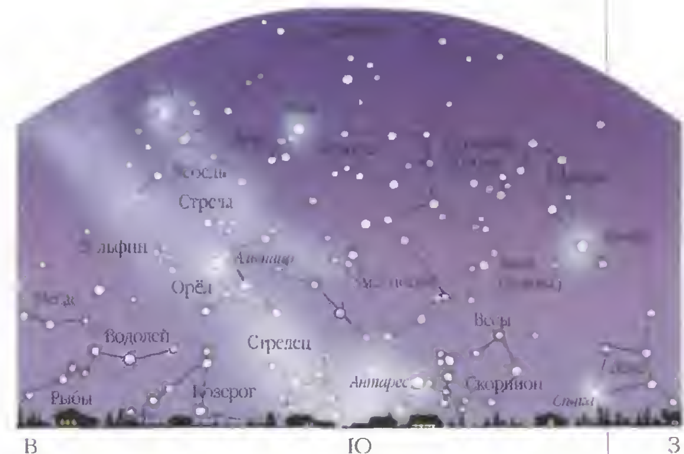
Арктуром (самой яркой из весенних звёзд). Ещё правее и ниже, на юго-востоке, — голубоватая Спика в созвездии Девы. Высоко на юге «лежит» Лев с ярким Регулом в передних лапах. Над ним небольшое созвездие Малого Льва, а между Волопасом и Львами — обширная область неба, лишённая ярких звёзд: это Гончие Псы и Волосы Вероники. Вместе с Большой Медведицей и Девой они являются излюбленными объектами исследователей далёкой Вселенной, так как в этом направлении наблюдаются богатые скопления галактик.

В начале вечера можно увидеть заходящие на западе Плеяды и богатые яркими звёздами зимние созвездия — Тельца и Ориона, а в конце ночи полюбоваться на восходящие на востоке летние созвездия — Лебедя, Лиру и Орла.

В чём же основное достоинство весеннего неба? Если в остальные сезоны мы видим главным образом нашу Галактику, то весной — другие, далёкие галактики. Дело в том, что летом и осенью высоко на небосводе поднимается Млечный Путь, простирающийся от Персея до Стрельца. Зимой он всё ещё хорошо виден: от Андромеды, через Персея и Возничего, между Близнецами и Орионом — вниз, к Большому Псу. Млечный Путь — это диск нашей звёздной системы. Он заполнен сравнительно молодыми звёздами, межзвёздным газом и пылью. Именно межзвёздная пыль закрывает от нас далёкое межгалактическое пространство. А вот к весне Млечный Путь стано-



◄◄ Летнее небо. Северная сторона горизонта.



Летнее небо. Южная сторона горизонта. ▼



Рыси к Малой Медведице. Все звёзды в нём слабые.

Журавль. Попал на небо стараниями Байера. Лежит между Южной Рыбой на севере и Туканом на юге. Две его главные звезды имеют 2-ю звёздную величину.

Заяц. Древнее созвездие, однако история его неизвестна. Арат пишет: «У Орионовых ног изо дня в день Заяц бежит, от погони спасаясь. Но неотступно по следу его несётся Сириус, не отставая ни на шаг». Очень интересна красная звезда R Зайца. Английский астроном Джон Расселл Хайнд описывал её в 1845 г. как «каплю крови на чёрном фоне». Это переменная звезда; с периодом 432,5 суток её блеск меняется от 5,9 до 10,5 звёздной величины.

Змееносец. Лежит к югу от Геркулеса. Греческий миф связывает Змееносца с именем великого бога врачевания Асклепия, чьим непременным атрибутом была змея. Воспитателем юного Асклепия был мудрый кентавр Хирон, знаток медицины. Повзрослев, Асклепий решил воскрешать мёртвых, за такую дерзость разгневанный Зевс поразил его молнией и поместил на небо.

В этом созвездии много шаровых скоплений и повторная новая звезда RS Змееносца. Хотя это не зодиакальное созвездие, Солнце проводит в нём 20 дней, с 27 ноября по 17 декабря.

Змея. Состоящее из двух частей созвездие в «руках» Змееносца; первоначально входило в его состав. «Голова» Змеи лежит к северо-западу от Змееносца, а «хвост» — к юго-востоку.

На конце «хвоста» помещается двойная звезда θ Змеи 4-й звёздной величины. Два белых её компонента, похожие друг на друга, разделены расстоянием в 22″ и доступны для наблюдения в хороший бинокль. В «голове», на 7° юго-западнее α Змеи, можно найти шаровое скопление M 5 7-й звёздной величины.

Золотая Рыба. Южное созвездие, выделенное Байером. В нём, у границы с созвездием Столовая Гора, видна галактика Большое Магелланово Облако, находящаяся от нас на расстоянии всего 180 тыс. световых лет.

Индеец. Это созвездие южного неба, введённое Байером, ассоциируется с образом американского индейца.

Кассиопея. Одно из красивейших созвездий, похожее на букву M, когда наблюдается над северным полюсом мира в декабре, и на букву W, когда наблюдается ниже полюса в июне. Кассиопея была женой царя Цефея и матерью Андромеды.

Большая часть созвездия лежит в Млечном Пути и содержит много интересных рассеянных скоплений. Именно там в 1572 г. вспыхнула новая Тихо Браге, которая была ярче Венеры.



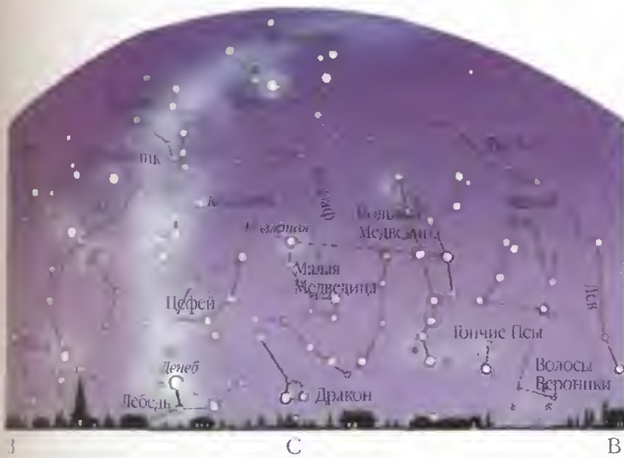
Кассиопея. Изображение созвездия в старинном атласе.

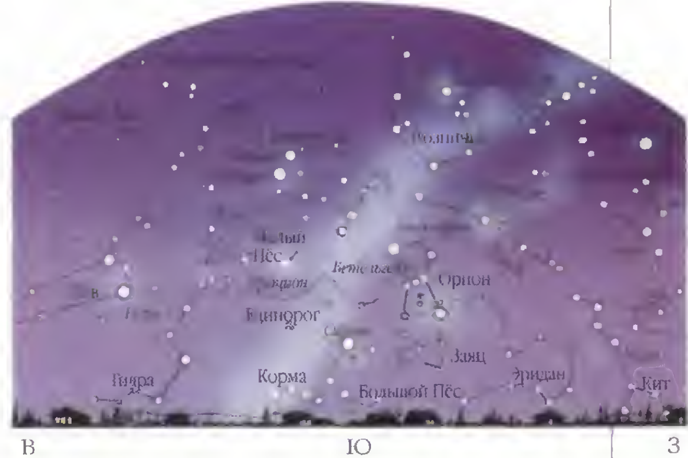
Кентавр. См. Центавр.

Киль. Украшением созвездия служит великолепный Канопус, имеющий блеск −0,73 звёздной величины. Другой интересный объект — гигантская газовая туманность вокруг переменной звезды η Киля.

Кит. Это созвездие лежит к югу от Рыб и Овна. Греки видели в нём морское чудовище, посланное Посейдо-







◄◄
Зимнее небо. Северная сторона горизонта.

▲
Зимнее небо. Южная сторона горизонта.

ЗИМНЕЕ НЕБО

Небо января богато яркими звёздами. На юге доминирует Орион: его фигуру с тремя звёздами в Поясе трудно не узнать. Выше и правее Ориона – Телец с красным Альдебараном в центре. Над Орионом, почти в зените, располагается Возничий, левее и выше — Близнецы, а под ними — Малый Пёс с Проционом и Большой Пёс с великолепным ярчайшим Сириусом. На северо-западе склоняется к горизонту Андромеда и заходит Пегас. Над Андромедой видны Кассиопея и Цефей. В юго-восточной части неба находится Лев, а на востоке поднимается Волопас с ярким оранжевым Арктуром. Высоко на востоке — Большая Медведица и Гончие Псы.

Зимой эклиптика поднимается высоко над горизонтом, и поэтому нет лучшего времени для наблюдения Луны и планет. Вообще длинные зимние ночи благоприятствуют астрономическим наблюдениям, если, конечно, небо чистое.

ИГРА С ВОЛЧКОМ, ИЛИ ДЛИННАЯ ИСТОРИЯ С ПОЛЯРНЫМИ ЗВЁЗДАМИ

Забудем пока о звёздах и вернёмся к старым игрушкам — к музыкальному волчку. Если его аккуратно раскрутить, то он стоит на полу ровно, как по струнке, ручкой смотрит в потолок, поёт и не бегает. Но если ударить по краю нашего кубаря прутиком, палочкой, сбить его с ровного стояния, волчок накренится и, не желая падать, пойдёт танцевать конусом, а ручка-ось начнёт выписывать круги. Такое круговое покачивание оси вращения физики называют *прецессией*.

Наша Земля тоже вертушка и, как все нормальные волчки, пока их не трогают, готова вечно крутиться, постоянно указывая своей осью на Полярную звезду. Но и на неё нашлись прутик и палочка — это Луна и Солнце. Своим притяжением они стремятся повернуть ось планеты, а Земля этому сопротивляется и... прецессирует. Волчок делает несколько десятков оборотов в секунду вокруг оси и один прецессионный круг за несколько секунд. Земля совершает 366 оборотов в год и прецессионный тур за 26 тыс. лет. При этом её ось описывает среди созвездий окружность радиусом 23,5° с центром в полюсе эклиптики, а этот полюс находится в созвездии Дракона.



β Лебедя по имени Альбирео, — великолепная визуально-двойная с жёлтым и голубым компонентами.

Лев. Находится в зодиаке между Раком и Девой. Созвездие было известно шумерам ещё 5 тыс. лет назад. Классический античный миф связывает его с убитым Гераклом немейским львом. Расположение звёзд действительно напоминает лежащего льва. Его «голову» часто называют Серпом; внизу у него яркая звезда — это α Льва, Регул, что значит «царь». В задней части фигуры находится вторая по яркости звезда — Денебола (в переводе с арабского — «хвост льва»).



Лев.

Летучая Рыба. Созвездие южного неба; название ему дал Байер.

Лира. Маленькое, но очень красивое созвездие между Геркулесом и Лебедем. Арабы называли его Падающий Орёл. Главная звезда — Вега, от арабского «ал-ваки» — «падающий».



Осенне-летний треугольник на небе: Денеб (α Лебедя), Вега (α Лиры) и Альтаир (α Орла).

Вега — одна из ярчайших звёзд северной небесной полусферы; она имеет блеск 0,04 звёздной величины и удалена от нас на 27 световых лет. Рядом с Вегой находится ε Лиры — система 4,5 звёздной величины, состоящая из двух тесных двойных звёзд, разделённых углом 3′. Все четыре звезды — голубые гиганты, похожие на Сириус. Между звёздами β и γ расположена кольцевая планетарная туманность M 57 9-й звёздной величины.

В Лире немало известных переменных звёзд. Например, RR Лиры — короткопериодическая пульсирующая переменная звезда типа цефеид. Её блеск с периодом в полсуток меняется от 7-й до 8-й звёздной величины. Здесь же и двойная переменная звезда β Лиры, изменяющая блеск с периодом 13 суток от 3,4 до 4,3 звёздной величины. Эту затменную переменную обнаружил в 1784 г. глухонемой английский астроном Джон Гудрайк, первый исследователь переменных звёзд.

Лисичка. Созвездие введено Гевелием в 1690 г. под именем Маленькая Лисичка с Гусем. Находится к югу от Лебедя. Ярких звёзд не имеет, хотя лежит в Млечном Пути. Интересный объект — планетарная туманность Гантель (M 27) 8-й звёздной величины, лежащая на 3° к северу от γ Стрелы (яркая звезда в «наконечнике Стрелы»).

Малая Медведица. Созвездие известно также как Малый Ковш. Последняя звезда в его «ручке» — Полярная — располагается примерно в 1° от северного полюса мира. В 2102 г. Полярная приблизится к полюсу на минимальное расстояние — примерно 0,5°. В древности арабы называли Полярную звезду «козлёнком», а звезду β именовали Кохаб, что значит «северная звезда»: действительно, с 1500 г. до н. э. по 300 г. она была ближайшей к полюсу.

Малый Конь. Этот «жеребёнок» был введён Гиппархом. Маленькая группа невзрачных звёзд рядом с Дельфином.

Малый Лев. Лежит прямо над созвездием Льва. Ярких звёзд не содержит. Название дано Гевелием.

Малый Пёс. Располагается к югу от Близнецов. Название ярчайшей



Полярная звезда τ **Геркулеса** (VIII–VII тысячелетия до новой эры) возвестила наступление неолита — нового каменного века. Возникло скотоводство, начали пахать на быках, появились отличные топоры из отшлифованного камня. Вот когда на небе могли поселиться Волопас, Овен, Телец!

Под полярной звездой ι **Дракона** (5500—3500 гг. до н. э.) были изобретены колесо и повозка, а с ними, наверное, и Возничий. Эпоха первых астрономических наблюдений у шумеров, египтян, майя.

Тубан, или α Дракона (3500—1500 гг. до н. э.). По этому случаю шумеры срочно придумали созвездие Дракона. Эра материалоёмких египетских пирамид и «компактного» каменного компьютера фирмы «Стоунхендж», запрограммированного на вычисление затмений. Появились скаковая лошадь и первые укротители коней. У греков это были Близнецы-Диоскуры.

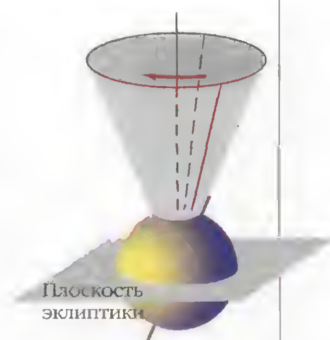
Финикийская звезда, **Кохаб**, β Малой Медведицы (1500 г. до н. э. — 1 г. н. э.), — полярная звезда времён осады Трои и Гомера. Фалес из Милета, первый европейский астроном, назвал её Полярной. Он же примерно в 600 г. до н. э. выделил созвездие Малой Медведицы. Звезду на кончике «хвоста» Малой Медведицы он назвал Киносурой. В эту же эпоху Гиппарх понял, что любая полярная не вечно ею остаётся.

Стражи (1—1100 гг.). — так называли Кохаб и Киносуру, когда полюс мира оказался между ними. Потом Киносура стала Полярной и Стражами объявили β и γ Малой Медведицы.

Полярная, α Малой Медведицы (1100—3200 гг.). Даже Коперник в 1543 г. ещё не называл её Полярной. Она и сейчас только приближается к полюсу мира и пройдёт мимо него в 27′ в 2100 г.

В 3200 г. Полярная должна уступить своё звание последовательно трём звёздам Цефея: γ (**Альрану**) до 5000 г., β (**Альфарку**) до 6500 г. и α (**Альдерамину**) до 8500 г. Затем ось Земли укажет на Лебедя, и полюсом неба будут править **Денеб** и **Сандр** (γ Лебедя). И снова **Вега** встанет близ полюса мира, в 13000 г., в шестой раз на памяти «человека разумного».

Такая вот неспешная история у этих полярных звёзд.



Прецессия земной оси.

ЗВЁЗДЫ УКАЗЫВАЮТ ПУТЬ

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПО ЗВЁЗДАМ

Сидя на корме и могучей рукою
Руль обращая, он бодрствовал;
сон на его не спускался
Очи, и их не сводил он с Плеяд,
с нисходящего поздно
В море Боота, с Медведицы,
в людях ещё Колесницы
Имя носящей и близ Ориона
свершающей вечно
Круг свой, себя никогда не купая
в водах океана.
С нею богиня богинь повелела
ему неусыпно
Путь соглашать свой, её оставляя
по левую руку.

Так древнегреческий поэт Гомер описывает возвращение на родную Итаку героя Троянской войны хитроумного Одиссея.

В этом отрывке из поэмы «Одиссея» упоминаются известные нам созвездия — Волопас (Боот), Орион, Большая Медведица — и звёздное скопление Плеяды. Из него ясно, как Одиссей держал направление, согласуясь с положением на небе Большой Медведицы. Несомненно, он был не только отважным воином, но и умелым навигатором, хорошо знавшим звёздное небо. Он сверял курс своего корабля с созвездием, которое заходит точно на северо-западе. Одиссей знал, как перемещается в течение ночи скопление Плеяды.



ста» Орла лежат в западной ветви Млечного Пути.

Ещё пять тысячелетий назад шумеры называли это созвездие Орлом. Греки видели в нём орла, посланного Зевсом, чтобы похитить прекрасного царевича Ганимеда и доставить его на Олимп; по одной из версий этого мифа, в орла превратился сам Зевс. Имя ярчайшей звезды — Альтаир — по-арабски означает «летящий ястреб». В 7° к югу от Альтаира расположена классическая переменная звезда-цефеида η Орла, изменяющая свой блеск от 3,69 до 4,40 звёздной величины с периодом 7,2 суток.

Орион. Самое замечательное созвездие нашего неба. Оно занимает большую площадь и легко узнаваемо. В расположении его ярких звёзд угадывается фигура охотника, к юго-востоку от которой сияет голубой Сириус, а к северо-западу — красный Альдебаран. В греческой мифологии Орион — сын Посейдона и Эвриалы, великий охотник.

Бетельгейзе (α Ориона) — красный сверхгигант со светимостью в 15 тыс. раз больше солнечной — представляет собой переменную звезду, её блеск меняется от 0,4 до 1,3 звёздной величины с периодом около 6 лет. Ригель (β Ориона) немного ярче, чем Бетельгейзе. У этой изумительной бело-голубой звезды светимость в 80 тыс. раз



▸ Светлые и тёмные туманности в созвездии Ориона.

выше солнечной. Древние египтяне связывали Ригель с Сахом — царём звёзд и покровителем умерших, а позже — с Осирисом.

Самый интересный объект в созвездии — Большая туманность Орион (М 42), лежащая ниже Пояса из трёх звёзд и удалённая от нас примерно на 1000 световых лет. Это лишь незначительная, нагретая молодыми звёздами часть огромного облака, где формируются звёзды. Основные процессы, приводящие к рождению звёзд, протекают в недрах гигантских и очень холодных (–250 °C) газовых облаков, занимающих почти всё созвездие Ориона. Широко известна также тёмная туманность Конская Голова вблизи ζ Ориона, восточной звезды Пояса.

Павлин. Южное созвездие; введено Байером.

Паруса. Созвездие выделено из корабля Арго. Лежит между Кентавром и Кормой. Его южная граница проходит по самым богатым звёздами областям Млечного Пути.

Пегас. Этот «летающий конь» расположен к юго-западу от Андромеды



▸ Орион.



▸▸ Пегас.



днями. Ни координатная сетка, ни границы созвездий нам не понадобятся — ведь на реальном небосводе они тоже отсутствуют. Будем учиться ориентироваться только по характерным очертаниям созвездий и положениям ярких звёзд.

Чтобы удобнее было отыскать навигационные звёзды, видимые в Северном полушарии Земли, звёздное небо разделяют на три участка (сектора): нижний, правый и левый.

В нижнем секторе расположены созвездия Большой Медведицы, Малой Медведицы, Волопаса, Девы, Скорпиона и Льва. Условные границы сектора идут от Полярной вправо вниз и влево вниз. Самая яркая звезда здесь Арктур (слева внизу). На него указывает продолжение «ручки» Ковша Большой Медведицы. Яркая звезда справа внизу — Регул (α Льва).

В правом секторе находятся созвездия Ориона, Тельца, Возничего, Близнецов, Большого Пса и Малого Пса. Самые яркие звёзды — Сириус (на карту он не попадает, поскольку находится в южном небесном полушарии) и Капелла, далее Ригель (он тоже не попадает на карту) и Бетельгейзе из Ориона (справа у края карты). Чуть выше — Альдебаран из Тельца, а ниже у края — Процион из Малого Пса.

В левом секторе — созвездия Лиры, Лебедя, Орла, Пегаса, Андромеды, Овна и Южной Рыбы. Самой яркой звездой здесь является Вега, которая вместе с Альтаиром и Денебом образует характерный треугольник.

Для навигации в Южном полушарии Земли используются 24 навигационные звезды, из которых 16 — те же, что и в Северном полушарии (исключая Полярную и Бетельгейзе). К ним добавляются ещё 8 звёзд. Одна из них — Хамаль — из северного созвездия Овна. Остальные семь — из южных созвездий: Канопус (α Киля), Ахернар (α Эридана), Пикок (α Павлина), Мимоза (β Южного Креста), Толиман (α Центавра), Атрия (α Южного Треугольника) и Каус Аустралис (ε Стрельца).

Самое знаменитое навигационное созвездие здесь Южный Крест. Его более длинная «перекладина» почти точно указывает на южный полюс мира, который лежит в созвездии Октанта, где нет заметных звёзд.

Чтобы безошибочно отыскать навигационную звезду, недостаточно знать, в каком созвездии она находится. В облачную погоду, например, наблюдается только часть звёзд. При космических полётах существует другое ограничение: в иллюминатор виден лишь небольшой участок неба. Поэтому необходимо уметь быстро распознать нужную навигационную звезду по цвету и блеску.

Постарайтесь в ясный вечер разглядеть на небе навигационные звёзды, которые каждый штурман знает назубок. Потренируйтесь, может быть, вам это тоже пригодится.



◄◄ Навигационные звёзды южной полярной области.



▲ Навигационные звёзды северной полярной области.

РЕДКИЕ И НЕОБЫЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА НЕБЕ

Издавна человек наблюдал и стремился понять не только обычные, периодически повторяющиеся небесные явления, но и необычные, т. е. достаточно редкие. Уже в древнейших хрониках говорится о цветных кольцах вокруг Солнца и Луны, о появлении на небе трёх солнц, столбов света, ярких сияний, о разной формы и яркости «кометах», мчащихся к Земле,



и Весами целиком в Млечном Пути. Согласно Арату, Орион повздорил с богиней-охотницей Артемидой: разгневанная, она послала скорпиона, чтобы он убил юношу. Арат пишет: «Когда Скорпион поднимается на востоке, Орион спешит скрыться на западе». В созвездие Скорпиона Солнце входит 22 ноября и покидает его 27 ноября, когда на 20 дней переходит в незодиакальное созвездие Змееносца. Очевидно, вместо Скорпиона в зодиаке следовало бы быть Змееносцу!

Антарес (α Скорпиона) по-гречески значит «соперник Ареса» (Марса). Эта яркая красная звезда действительно очень похожа на Марс. Антарес — необычайно красивая визуальная двойная звезда, у которой более яркий компонент красный, а менее яркий — зеленоватый. Созвездие содержит много туманностей и звёздных скоплений.

Скульптор. Созвездие введено Лакайлем под именем Мастерская Скульптора. В нём находится южный полюс Галактики.

Столовая Гора. Созвездие введено Лакайлем в честь места на мысе Доброй Надежды, где он производил наблюдения. Лежит к югу от Золотой Рыбы. В этом созвездии нет звёзд ярче 5-й звёздной величины, но зато в нём частично расположена галактика Большое Магелланово Облако.

Стрела. Маленькое изящное созвездие к северу от Орла. Эратосфен считал, что это стрела, использованная Аполлоном в сражении с одноглазыми великанами-циклопами.

Стрелец. Зодиакальное созвездие, особенно красивое в той его части, которая лежит в Млечном Пути. Греческий миф связывает его с кентавром Кротосом, слывшим прекрасным охотником.

В направлении Стрельца находится центр нашей Галактики, скрытый от нас межзвёздной пылью. В этом созвездии множество шаровых скоплений, тёмных и светлых туманностей (например, Тройная туманность М 20).

Телескоп. Созвездие введено Лакайлем; лежит к югу от Стрельца.

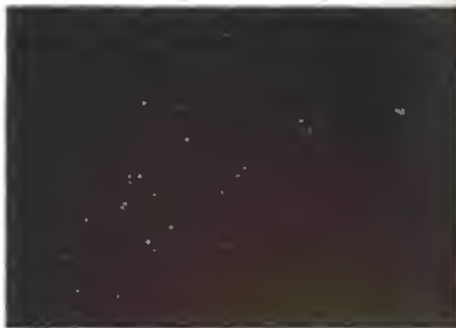
Телец. Зодиакальное созвездие к северо-западу от Ориона. Миф утверждает, что Телец — это белый бык, в которого обратился Зевс, чтобы похитить дочь финикийского царя Европу: на нём она переплыла море и попала на Крит.



Телец.

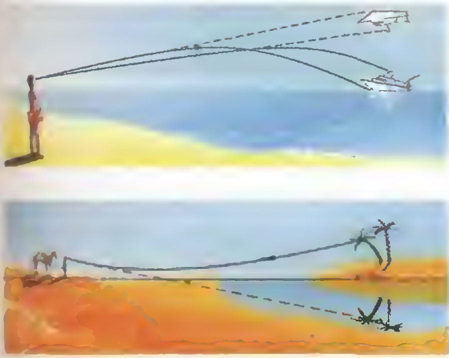
Ярко-красную звезду α Тельца часто называют Воловий Глаз. Её арабское имя Альдебаран, т. е. «идущая вслед», так как она движется по небу за Плеядами — прекрасным рассеянным скоплением, в котором зоркий глаз различает шесть или даже семь звёзд. Все они получили имена дочерей титана Атланта и океаниды Плейоны. По-гречески «Плеяды» и означает «дочери Плейоны».

Рядом с Плеядами есть ещё одно молодое скопление — Гиады (по мифу, сёстры Плеяд) — широкая группа неярких звёзд, окружающая Альдебаран. Для астрономов это наиболее ценное звёздное скопление: оно расположено всего в 40 пк (132 свето-



Созвездия Ориона и Тельца на зимнем небе.





Верхний мираж (ход лучей). Вид верхнего миража определяется не только состоянием атмосферы, но и ландшафтом местности. Иногда лучи перекрешиваются и в небе возникает перевёрнутое изображение удалённого предмета.

Нижний мираж (ход лучей).

часто появляются незнакомые пейзажи с кипарисами и замками. Исследователи считают, что в возникновении верхних миражей на побережье Средиземного моря виновата близость Сахары: массы горячего воздуха поднимаются над пустыней, а затем перемещаются на север.

Камилл Фламмарион сообщал в книге «Атмосфера», что жители бельгийского города Вервье июньским утром 1815 г. увидели в небе войско так ясно, что даже различили форму артиллеристов. Это было утро битвы при Ватерлоо. Расстояние между Вервье и Ватерлоо 105 км.

Верхние миражи нередко наблюдают в море перед бурей. Видимо, именно они и породили легенды о кораблях-призраках.

Нижние миражи возникают преимущественно в тех случаях, когда слои воздуха у поверхности Земли (например, в пустыне) разогреты настолько, что лучи света, исходящие от предметов, сильно искривляются. Описав дугу у поверхности, они идут снизу вверх. Тогда можно вдруг увидеть деревья и дома, как будто отражённые в воде. На самом деле это перевёрнутые изображения далёких ландшафтов. Нижние миражи можно наблюдать даже на раскалённой Солнцем асфальтовой дороге.

РАДУГА

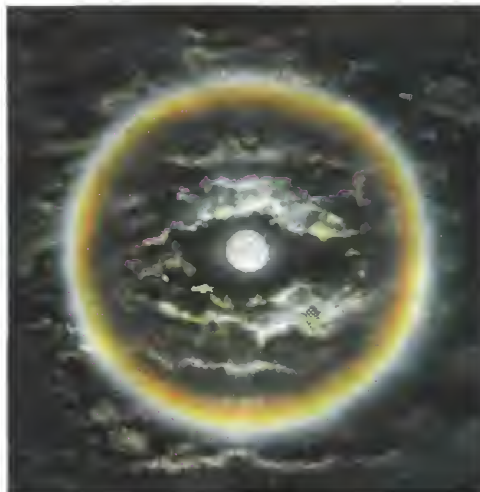
Радуга даёт уникальную возможность наблюдать в естественных условиях разложение белого света в спектр.

Она обычно появляется после дождя, когда Солнце стоит довольно низко. Где-то между Солнцем и наблюдателем ещё идёт дождь. Солнечный свет, проходя сквозь капли воды, многократно отражается и преломляется в них, как в маленьких призмах, и лучи разного цвета выходят из капель под различными углами. Это явление называется *дисперсией* (т. е. разложением) света. В результате образуется яркая цветная дуга (а на самом деле круг; целиком его можно увидеть с самолёта).

Иногда наблюдаются сразу две, реже — три разноцветные дуги. Первую радугу создают лучи, отразившиеся внутри капель однократно, вторую —

Радуга над океаном.





Гало вокруг Луны.



восточной Змеёй. Ярких звёзд в нём нет, но с помощью небольшого телескопа в 2° к юго-востоку от звезды β Щита можно наблюдать прекрасное рассеянное скопление M 11.

Эридан. Небесная «река»; лежит к западу от Ориона. У разных народов отождествлялась с Евфратом, Нилом и По. Эридан начинается вблизи Ригеля, «течёт» на юго-запад и заканчивается звездой α Эридана по имени Ахернар, что по-арабски как раз и означает «конец реки».

Южная Гидра. Это созвездие называют также Водяной Змеёй; введено Байером.

Южная Корона. Впервые под этим именем созвездие описано в «Альмагесте» Птолемея. Расположено к юго-западу от Стрельца.

Южная Рыба. Небольшое созвездие к югу от Водолея и Козерога. Имя ярчайшей звезды — Фомальгаут — переводится с арабского как «рот южной рыбы», но сами арабы называли эту звезду «первая лягушка» («второй лягушкой» была β Кита).

Южный Крест. Созвездие было выделено Байером из Кентавра. Лежит в южном Млечном Пути. Четыре яркие звезды (α, β, γ и δ) образуют крест, причём линия от γ к α указывает на южный полюс мира. Между α и β на фоне Млечного Пути виден тёмный провал — это газопылевая туманность Угольный Мешок.

Южный Треугольник. Введён Байером. Лежит в Млечном Пути к югу от Наугольника.

Ящерица. Это созвездие впервые появилось в звёздном атласе Гевелия; расположено между Лебедем и Андромедой.

ЗВЁЗДНОЕ НЕБО РАЗНЫХ ШИРОТ

При хороших условиях наблюдения невооружённым глазом на небе видно одновременно около 3 тыс. звёзд, независимо от того, где мы находимся — в Индии или в Лапландии. Но картина звёздного неба зависит как от широты места, так и от времени наблюдения.

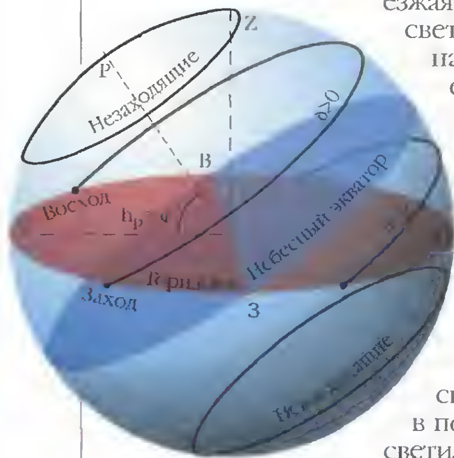
Теперь предположим, что мы решили выяснить: сколько же всего звёзд можно увидеть, скажем, не выезжая из Москвы. Пересчитав те 3 тыс. светил, которые в данный момент находятся над горизонтом, сделаем перерыв и вернёмся на наблюдательную площадку через час. Мы увидим, что картина неба изменилась! Часть звёзд, находившихся у западного края горизонта, опустилась под горизонт, и теперь их не видно. Зато с восточной стороны поднялись новые светила. Они пополнят наш список.

В течение суток звёзды описывают на небе круги с центром в полюсе мира (см. статью «Адреса светил на небесной сфере»). Чем ближе к полюсу звезда, тем круг меньше. Может оказаться так, что весь круг лежит над горизонтом: звезда никогда не заходит. К таким *незаходящим* звёздам в наших широтах относится, например, Ковш Большой Медведицы. Как только стемнеет, мы сразу найдём его на небе — в любое время года.

Другие светила, более удалённые от полюса, как мы убедились, восходят в восточной стороне горизонта и заходят в западной. Те, что расположены вблизи небесного экватора, восходят вблизи точки востока и заходят возле точки запада. Восход некоторых светил южного полушария небесной сферы наблюдается у нас на юго-востоке, а заход — на юго-западе. Они описывают невысокие дуги над южным горизонтом.

Чем южнее звезда на небесной сфере, тем короче её путь над нашим горизонтом. Следовательно, ещё дальше к югу имеются *невосходящие* светила, суточные пути которых полностью лежат под горизонтом. Что же нужно сделать, чтобы увидеть их? Двигаться на юг!

Суточные параллели светил в средних широтах.





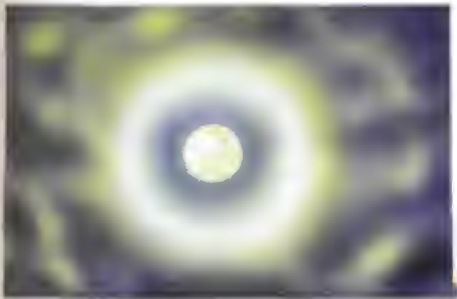
зывали «пáсолнца», «уши», «солнце с ушами».

ВЕНЦЫ

Часто, взглянув на Луну, просвечивающую через перистые облака или прозрачную дымку, можно увидеть, что её диск окружён небольшими радужными кольцами. Эти кольца называют *венцами*. Они образуются вследствие дифракции света на мельчайших капельках воды. Чем крупнее капли, тем меньше диаметр венцов.

Издавна люди подметили, что малые венцы предвещают дождь, а большие — улучшение погоды. А ещё в народе об этом явлении говорят «месяц в тереме».

Венцы видны и вокруг Солнца, но яркий свет дневного светила затрудняет их обнаружение.





◄◄ Венец вокруг Луны.

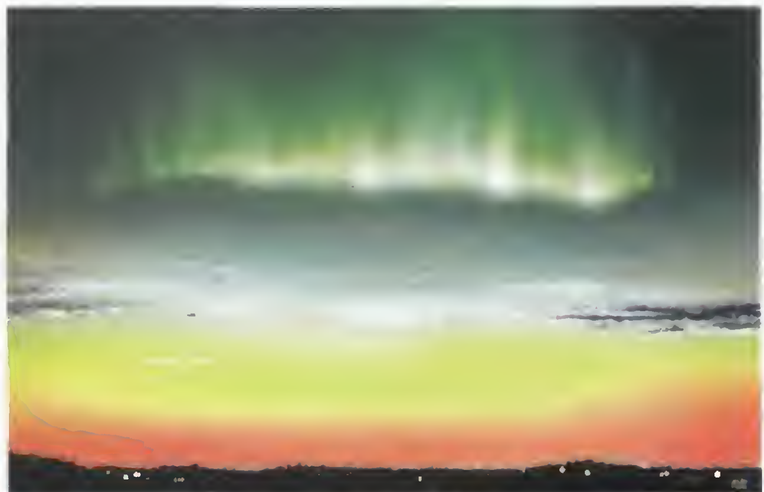
◄ Полярное сияние.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

Земля постоянно находится в разреженном потоке испущенных Солнцем заряженных частиц (электронов, протонов) и как бы обдувается солнечным ветром (см. статью «Как Солнце влияет на Землю»). Попадая в самый верхний слой атмосферы, частицы движутся вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Магнитные полюса нашей планеты не совпадают с географическими, хотя и располагаются недалеко от них, причём южный магнитный полюс лежит вблизи Северного географического полюса, и наоборот. Около магнитных полюсов силовые линии направлены вниз, к Земле. Заряженные частицы проникают в более плотные слои атмосферы и воздействуют на молекулы воздуха, вызывая свечение атмосферы — *полярные сияния*.

Полярные сияния разнообразны по виду и яркости. В старину жители русского севера различали слабую белесоватую отбель, яркие радужные лучи, багрецы, зори, столбы, снопы, сполохи. В основном полярные сия-

Полярное сияние «арлекин».





Перенесясь на экватор (широта 0°), мы обнаружим, что полюс мира расположился на горизонте, а в противоположной точке горизонта появился и другой полюс мира. Половина суточной параллели любого светила лежит над горизонтом, и следовательно, оно в принципе наблюдаемо. Именно находясь на экваторе мы могли бы насчитать все 6 тыс. разных звёзд, которые доступны наблюдению невооружённым глазом. И нет такой звезды, которая там не поднималась бы над горизонтом.

ЗВЁЗДНОЕ НЕБО ЧЕТЫРЁХ СЕЗОНОВ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Каждый любитель астрономии мечтает хоть ненадолго стать космонавтом. И дело тут вовсе не в романтическом рокоте двигателей ракет или удивительном состоянии невесомости. Его манит небо, которое целиком доступно наблюдению лишь за пределами атмосферы, вдали от Земли.

Две причины мешают нам, жителям Земли, видеть звёздное небо в любой момент и в любом направлении. Во-первых, это атмосфера, которая ярко светится днём из-за рассеянного воздухом солнечного света. Пока Солнце не опустится под горизонт и его лучи не перестанут освещать плотные слои воздуха, слабый блеск звёзд на небе просто незаметен. Если бы Земля не обращалась вокруг Солнца, мы никогда не смогли бы увидеть звёзды в той части неба, где располагается дневное светило. Но вследствие орбитального движения Земли в разные сезоны по ночам нам открываются различные участки небесной сферы. Те звёзды, которые летом находятся на дневной стороне неба и поэтому не видны, зимой становятся доступны для ночных наблюдений.

Но есть и вторая причина, мешающая земному наблюдателю, — это сам земной шар, постоянно закрывающий от нас часть небесной сферы. Благодаря вращению Земли мы всё же можем увидеть различные области неба. Причём если наблюдатель находится на экваторе, то за сутки перед ним проходит весь небосвод; а вот вблизи одного из полюсов, сколько ни вертись, больше половины неба не увидишь. В средних широтах наблюдению доступно около 80% небесной сферы.

Каждое время года по-своему интересно для астрономических наблюдений. В наших довольно высоких широтах от сезона зависит не только то, какая часть небесной сферы доступна наблюдениям, но также продолжительность ночи и погода. Хотя длинные зимние ночи позволяют увидеть почти все светила — от осенних ранним вечером до весенних под утро, холодная и облачная погода сильно затрудняет наблюдения. Летние же ночи слишком коротки для детального изучения неба. Поэтому многие наблюдатели предпочитают раннюю осень или позднюю весну. Впрочем, для настоящего любителя астрономии любой сезон хорош.

Часто любители астрономии начинают знакомство со звёздным небом весной. После долгих зимних вечеров, когда прочитаны увлекательные книги о космосе, погода наконец-то становится тёплой, а небо чистым — самое время брать в руки звёздную карту и отправляться в путешествие по созвездиям.

ВЕСЕННЕЕ НЕБО

Весной небо тёмное: на нём не видно Млечного Пути и ярких звёзд немного. В северной его части высоко над горизонтом висит перевёрнутый Ковш Большой Медведицы. «Ручка» Ковша указывает вправо, в сторону Волопаса, увенчанного оранжевым



1200 т водяного пара. В связи с этим предполагается, что в последующие десятилетия интенсивность облакообразования в мезосфере возрастёт более чем на 50%. Авторы расчётов, американские геофизики, утверждают, что подобные изменения в верхней атмосфере вряд ли существенно отразятся на климате Земли.

Вместе с тем одна из последних гипотез связывает серебристые облака с возникновением озонной дыры: их активное образование приводит к уменьшению свободного газового озона. Если эта идея найдёт подтверждение, то наблюдение серебристых облаков приобретает особое значение.

Ледяные кристаллы, из которых состоят облака, представляют серьёзную угрозу для керамических плиток тепловой защиты космических аппаратов многоразового использования. При сверхзвуковых скоростях перегрев и разрушение керамических плиток могут иметь катастрофические последствия. Помимо этого серебристые облака отрицательно воздействуют на процесс управления космическим аппаратом на этапах входа в плотные слои атмосферы. Таким образом, возникают пространственно-временные ограничения в использовании космической техники в зонах образования серебристых облаков. Учитывая это, специалисты из Космического центра Кеннеди (США) внесли коррекцию в угол наклона орбиты при девятом полёте корабля «Шаттл».

Несмотря на обилие данных, полученных о верхней атмосфере, природа серебристых облаков по-прежнему до конца не разгадана. Неизвестно, какие глобальные явления в земной атмосфере предопределяют их возникновение, связаны ли они с физическими процессами в нижней атмосфере, какие физико-химические процессы сопровождают их образование и распад. Чтобы ответить на все эти вопросы, требуются высокое качество наблюдательного материала и его тщательный анализ. В связи с этим возрастает роль любительских обсерваторий, которые могут оказать существенную помощь учёным в накоплении наблюдательных данных.



Полярное сияние «занавес».

ния по форме похожи на светящиеся пятна или ленты, висящие в небе как огромный занавес.

Когда на Солнце происходят вспышки, поток заряженных частиц увеличивается. Они существенно искажают форму магнитного поля Земли, вызывая магнитные бури и интенсивные полярные сияния. Иногда, при особом усилении солнечной активности, заряженные частицы проникают в плотные слои атмосферы средних и даже низких широт. Тогда и там вспыхивают полярные сияния.

Вот какое описание полярного сияния, наблюдавшегося на юге Франции в 585 г., оставил историк и хронист Григорий Турский: «Мы видели на небе... лучи со стороны севера, такие яркие, которых раньше ещё не видели. И вот, в то время как мы, поражённые, смотрели на них с удивлением, с четырёх сторон света появились другие подобные им лучи и всё небо покрылось ими. А в середине неба было блестящее облако, к которому сходились эти лучи, наподобие шатра, который снизу начинался более широкими полосами, вверху кончался



вится не виден и в любом направлении взор наблюдателя устремляется в межгалактические дали.

К сожалению, без хорошего бинокля эти дали не разглядеть. Но если он у вас есть, вы можете попробовать заняться внегалактической астрономией.

ЛЕТНЕЕ НЕБО

На южной стороне летнего неба доминирует осенне-летний треугольник — Вега (α Лиры), Денеб (α Лебедя) и Альтаир (α Орла). Гигантский крест Лебедя, развёрнутый вдоль Млечного Пути, легко найти на небе. К западу от треугольника видны Геркулес и Северная Корона; ещё дальше — Волопас с оранжевым Арктуром. На юге, низко у горизонта, раскинул клешни Скорпион с ярко-красным Антаресом, а слева от него — Стрелец, Козерог и Водолей. Под Лебедем нетрудно отыскать маленькие, но очень изящные созвездия Стрелы и Дельфина.

В северной части неба в это время почти на одинаковой высоте видны Кассиопея и Большая Медведица. Между ними высоко поднялись Дракон и Цефей.

Глядя на летнее небо, мы видим центральную область нашей Галактики (в созвездии Стрельца) с большим количеством шаровых звёздных скоплений, а также наблюдаем мощные спиральные ветви Галактики (например, в созвездии Лебедя), заполненные газовыми туманностями и молодыми, нередко переменными, звёздами.

ОСЕННЕЕ НЕБО

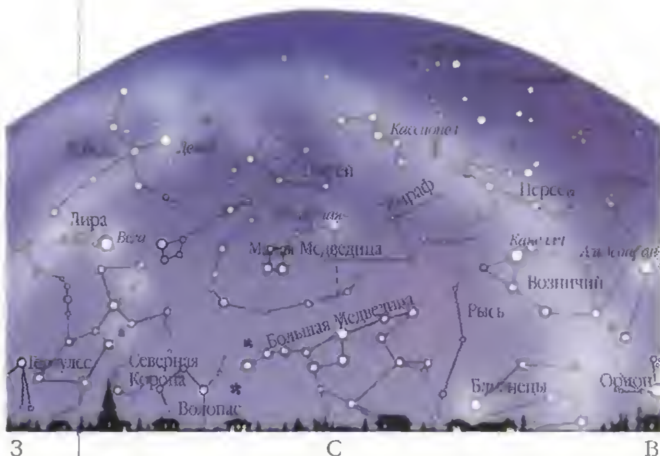
Осенними вечерами в южной части неба хорошо виден Большой Квадрат, образованный тремя восточными звёздами Пегаса (α, β, γ) и западной звездой Андромеды (α). Вместе с цепочкой звёзд Андромеды Большой Квадрат напоминает сильно увеличенную Малую Медведицу. К востоку ниже Андромеды, видны две яркие звезды Овна. Между Андромедой и Овном лежит малоприметное созвездие Треугольника, а к югу от Пегаса — Рыбы и Водолея.

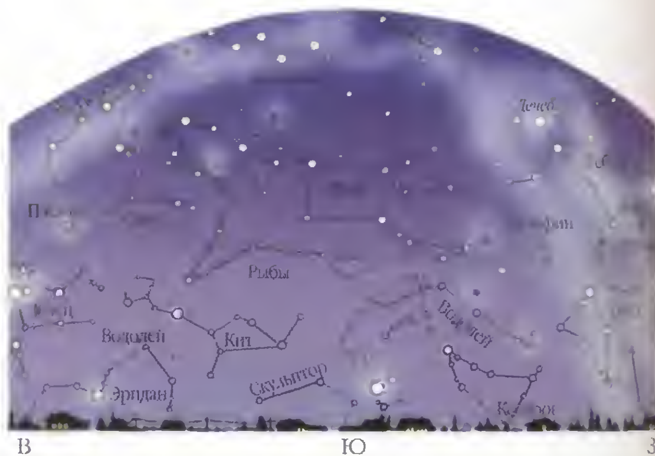
В начале вечера в юго-западной части неба на фоне Млечного Пути ещё можно наблюдать Лебедя, Лиру и совсем низко — Орла, главные звёзды которых образуют осенне-летний треугольник. Между Лебедем и Орлом нетрудно заметить созвездия Стрелы и Дельфина. Правее Лиры виден Геркулес.

Около зенита располагается Кассиопея, а к северу от неё — Цефей. Ковш Большой Медведицы лежит в «нормальном» положении вблизи северного горизонта. Слева от него — Волопас и Северная Корона, справа — Возничий, а выше — Персей.

▸▸
Осеннее небо. Южная сторона горизонта.

Осеннее небо.Северная сторона горизонта.
▾







глазом доводится не часто. Можно наблюдать покрытие в бинокль или подзорную трубу, если заранее знать, когда именно оно произойдёт.

Телескопические наблюдения покрытий Луной слабых звёзд (они происходят довольно часто) и определение с помощью высокоточных часов моментов покрытий помогают уточнить данные о движении нашего естественного спутника, а также детали лунного рельефа.

Наблюдая покрытия с помощью современной высокоточной аппаратуры, удаётся определять угловые размеры звёзд и разрешать тесные двойные звёзды, которые нельзя разделить другими методами.

Наблюдения покрытий проводят и любители астрономии во всём мире, в том числе в нашей стране. Их результаты вносят существенный вклад в науку.

* * *

Увлечённый наблюдатель видит на небе много удивительных событий. Кроме описанных, к редким явлениям можно отнести солнечные и лунные затмения, а также яркие кометы. Страх и изумление вызывали они когда-то. Не зная причины этих явлений, люди по-своему пытались истолковать их, связать с событиями повседневной жизни. Так рождались мифы, возникали суеверия. Но по мере накопления знаний о природе, совершенствования методов наблюдений и их анализа необычные явления переставали быть таковыми. Почти все они получили объяснение, заняв своё место в общей научной картине мира.



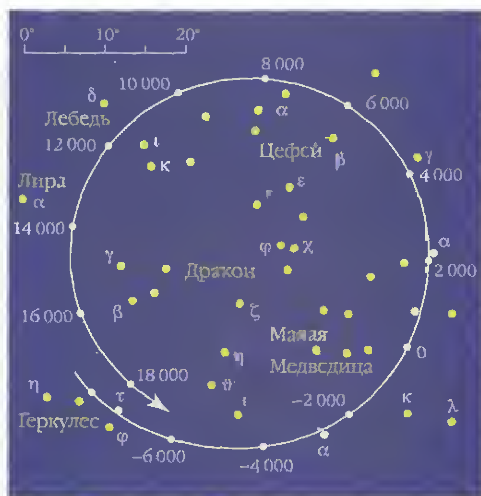
Участок ночного неба с кометой Хиякутаки. Апрель 1996 г.



Цикл прецессии земной оси издавна назывался *платоническим годом* (тем самым древние астрономы отдали дань уважения Платону, который ещё в IV в. до н. э. утверждал, что «существуют кроме земного другие годы»). За такой год полюс мира прогуливается по шести созвездиям: Малой Медведице, Цефею, Лебедю, Лире, Геркулесу и Дракону, выбирая из дюжины попутных звёзд на должность очередной полярной ту или иную звезду, желательно поярче.

Если полюс мира гуляет по созвездиям, значит, вместе с ним изменяют своё положение среди звёзд и небесный экватор, и точка весеннего равноденствия, от которой астрономы отсчитывают небесные координаты. Во II в. до н. э. Гиппарх измерил координаты около 900 звёзд, составил звёздный каталог, а потом сличил свои наблюдения с каталогом столетней давности. Гиппарх обнаружил, что координаты звёзд немного поменялись, словно всё небо съехало набок. Так была открыта прецессия.

А теперь представим себе, что летним вечером, когда в зените светит Вега, мы каким-то чудом наклоним небо так, что Вега спустится на треть небосвода к северу и встанет на место Полярной звезды. При этом вид неба сильно изменится. Из-за южного горизонта выберется Центавр с Волком на копье, а в его копытах мы увидим Южный Крест. Центавр и Южный Крест над Русской равниной?! Да, всё так и было в конце XIII тысячелетия до новой эры, когда полярной звездой была **Вега**.



Смещение полюса мира вследствие прецессии. В настоящее время (около 2000 г.) северный полюс мира находится вблизи звезды α Малой Медведицы.

Это было благодатное время — начало отступления на север последнего оледенения Евразии. Там, где сейчас Центральная Россия, лежали километровые толщи льдов. Мамонты, шерстистые носороги, медведи, даже северные олени разгуливали у кромки льдов на юге нынешней Франции, в Италии, под Краснодаром и Кисловодском. Там же обитал и человек-охотник. Был верхний палеолит, конец эпохи древнего каменного века. Семьи отсиживались в дымных пещерах, а охотники кочевали вслед за добычей. Ночами в любое время года над бескрайней ледяной пустыней, не сходя со своего места, им светила голубая Вега — самая яркая звезда неба, потому что Сириус в то время в Европе вовсе не восходил.

Мы не знаем доподлинно, умели ли эти люди ориентироваться по полярной Веге. (Вероятно, да, потому что стороны горизонта они различали уже 50 тыс. лет назад.) Но десятки тысяч лет ночёвок наших предков у костра под звёздным небом навсегда остались в душах всех людей. С тех пор огонь и звёзды от рождения притягивают и волнуют человека. А древние охотники, Орионы и Аркады каменного века, сидели у костра в окружении верных Псов, смотрели на Вегу и мечтали: скорее бы закончился верхний палеолит.

Действительно, древний каменный век уж очень затянулся. С тех пор как «человек умелый» стал «человеком разумным», Вега уже в пятый раз заступила на пост полярной и по пять раз были полярными α **Малой Медведицы** и **Денеб**. И ледники то приходили, то отступали, а каменному веку нет конца...

Впрочем, дальше история пошла побыстрее. В IX тысячелетии до новой эры настолько потеплело, что люди добрались до Скандинавии и Шотландии. Началась эпоха среднего каменного века — мезолит, а полярными тогда поочерёдно становились π и η **Геркулеса**.



Солнца то сокращается, то увеличивается. Наименьшим он оказывается в день зимнего солнцестояния, наибольшим — в день летнего солнцестояния. В дни равноденствий Солнце находится на небесном экваторе. В эти дни оно восходит в точке востока и заходит в точке запада.

В период от весеннего равноденствия до летнего солнцестояния место

СУМЕРКИ

Солнце зашло за горизонт. Стемнело. На небе появились звёзды. Однако день переходит в ночь не сразу. С заходом Солнца Земля ещё долго получает слабое рассеянное освещение, которое гаснет постепенно, уступая место ночному мраку. Этот период именуется сумерками.

Сумерки помогают зрению перестраиваться с условий очень высокой освещённости на низкую и наоборот (при утренних сумерках). Измерения показали, что в средних широтах в ходе сумерек освещённость падает в два раза примерно за 5 мин. Этого достаточно для плавной адаптации зрения. Постепенное изменение естественного освещения разительно отличает его от искусственного. Электрические лампы включаются и выключаются мгновенно, заставляя нас щуриться от яркого света или на некоторое время «слепнуть» в кажущейся кромешной тьме.

Между сумерками и ночной тьмой нет резкой границы. Однако на практике такую границу проводить приходится: нужно знать, когда включать уличное освещение или маячные огни в аэропортах и на реках. Вот почему уже давно сумерки делят на три периода в зависимости от глубины погружения Солнца под горизонт.

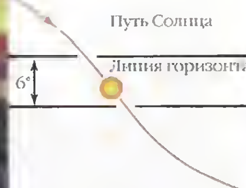
Самый ранний период — с момента заката Солнца и до тех пор, пока оно не опустится под горизонт на 6° — именуется гражданскими сумерками. В это время человек видит так же, как днём, и необходимости в искусственном освещении нет.

С погружением Солнца под горизонт от 6 до 12° наступают навигационные сумерки. В этот период естественная освещённость падает настолько, что читать уже нельзя, а видимость окрестных предметов сильно ухудшается. Но штурман корабля ещё может ориентироваться по силуэтам неосвещённых берегов.

После погружения Солнца на 12° становится совсем темно, однако тусклый свет зари ещё мешает видеть слабые звёзды. Это — астрономические сумерки. И только когда Солнце опустится на 17—18° ниже горизонта, на небе загораются самые слабые звёзды, заметные невооружённым глазом.

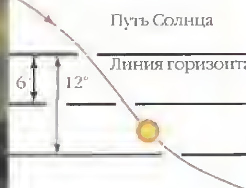


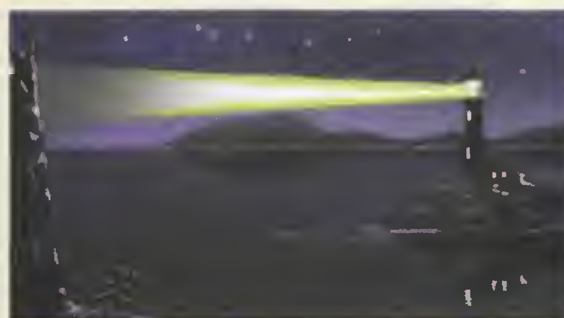
Гражданские сумерки.





Навигационные сумерки.





Астрономические сумерки.





и, ориентируясь по нему, вёл корабль в нужном направлении.

Но, разумеется, главным звёздным компасом всегда служила Полярная звезда. Если встать к ней лицом, то легко определить стороны горизонта: впереди будет север, позади — юг, справа — восток, слева — запад. Этот простой способ ещё в древности позволял отправлявшимся в дальний путь правильно выбрать направление на суше и на море.

Астронавигация — ориентирование по звёздам — сохранила своё значение и в наши дни. В авиации, мореплавании, сухопутных экспедициях и в космических полётах без неё не обойтись.

Хотя самолёты и морские суда оборудованы новейшей радионавигационной и радиолокационной техникой, бывают ситуации, когда приборами воспользоваться невозможно: предположим, они вышли из строя или в магнитном поле Земли разыгралась буря. В таких случаях штурман самолёта или корабля должен уметь определять его положение и направление движения по Луне, звёздам или Солнцу. И космонавту не обойтись без астронавигации. Иногда ему необходимо развернуть станцию определённым образом: например, так, чтобы телескоп смотрел на исследуемый объект, или для стыковки с прибывшим транспортным кораблём.



Ориентирование по Полярной звезде.

Лётчик-космонавт Валентин Витальевич Лебедев вспоминает об астронавигационной подготовке: «Перед нами встала практическая проблема — как можно лучше изучить звёздное небо, узнать и хорошо изучить созвездия, опорные звёзды... Ведь поле зрения у нас ограничено — мы смотрим в иллюминатор. Нам нужно было уверенно определять маршруты переходов от одного созвездия к другому, чтобы наиболее коротким путём прийти к заданному участку неба и найти звёзды, по которым надо было ориентировать и стабилизировать корабль, обеспечивая определённое направление телескопов в пространстве... Значительная часть нашей астрономической подготовки проходила в Московском планетарии. ...От звезды к звезде, от созвездия к созвездию мы распутывали лабиринты звёздных узоров, научились находить в них смысловые и нужные для нас линии направлений».

НАВИГАЦИОННЫЕ ЗВЁЗДЫ

Навигационные звёзды — звёзды, с помощью которых в авиации, мореплавании и космонавтике определяют местонахождение и курс корабля. Из 6 тыс. звёзд, видимых невооружённым глазом, навигационными считаются 26. Это наиболее яркие звёзды, примерно до 2-й звёздной величины. Для всех этих звёзд составлены таблицы высот и азимутов, облегчающие решение навигационных задач.

Для ориентирования в Северном полушарии Земли используются 18 навигационных звёзд. В северном небесном полушарии это Полярная, Арктур, Вега, Капелла, Алиот, Поллукс, Альтаир, Регул, Альдебаран, Денеб, Бетельгейзе, Процион и Альферац (звезда α Андромеды имеет три названия: Альферац, Альфарет и Сиррах; у штурманов принято название Альферац). К этим звёздам добавляются 5 звёзд южного полушария неба: Сириус, Ригель, Спика, Антарес и Фомальгаут.

Представим себе карту звёзд северного небесного полушария. В центре её — Полярная звезда, а внизу Большая Медведица с соседними созвез-



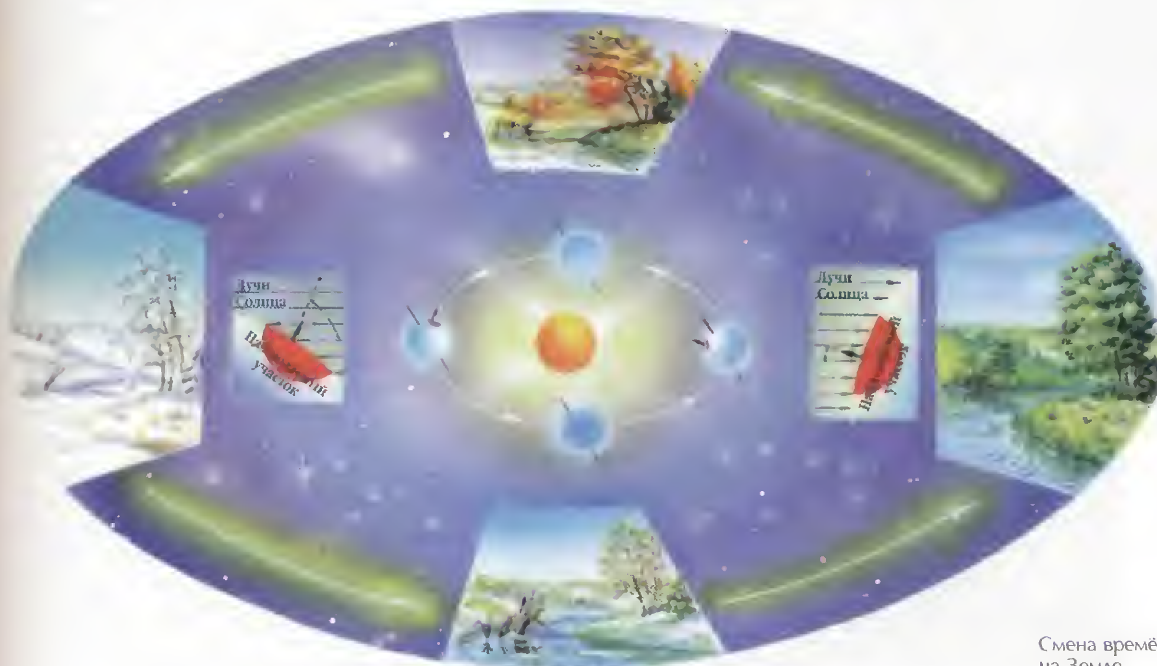
времени она переместилась почти на 30°, в созвездие Рыб, а точка осеннего равноденствия — из созвездия Весов в созвездие Девы. Но по традиции точки равноденствий обозначаются знаками прежних «равноденственных» созвездий — Овна ♈ и Весов ♎. То же случилось и с точками солнцестояний: летнее в созвездии Тельца отмечается знаком Рака ♋, а зимнее в созвездии Стрельца — знаком Козерога ♑.

И наконец, последнее, что связано с видимым годичным движением Солнца. Половину эклиптики от весеннего равноденствия до осеннего (с 21 марта по 23 сентября) Солнце проходит за 186 суток. Вторую половину, от осеннего равноденствия до весеннего, — за 179—180 суток. Но половинки эклиптики равны: каждая 180°. Следовательно, Солнце движется по эклиптике неравномерно. Эта неравномерность отражает изменения скорости движения Земли по эллиптической орбите вокруг Солнца.

Неравномерность движения Солнца по эклиптике приводит к разной длительности времён года. Для жителей Северного полушария весна и лето на шесть суток продолжительнее осени и зимы. Земля 2—4 июля расположена от Солнца на 5 млн километров дальше, чем 2—3 января, и движется по своей орбите медленнее в соответствии со вторым законом Кеплера. Летом Земля получает от Солнца меньше тепла, но зато лето в Северном полушарии продолжительнее зимы. Поэтому в Северном полушарии Земли теплее, чем в Южном.



Высота Солнца над горизонтом в разное время года.



Смена времён года на Земле.





Восход Солнца. Рефракция в атмосфере.

перемещающихся, подобно планетам, среди звёзд или движущихся вокруг Земли вместе с небом. (Судя по описаниям, «кометами» составители хроник называли любые светящиеся образования в небе, в том числе и шаровую молнию.)

Все эти необычные явления можно условно разделить на три категории: события, происходящие в ближнем или дальнем космосе, явления, протекающие в земной атмосфере под воздействием на неё космических факторов, и, наконец, явления, связанные с состоянием земной атмосферы.

МИРАЖИ

Как известно, свет распространяется по прямой лишь в однородной среде. На границе двух сред луч света преломляется, т. е. несколько отклоняется от первоначального пути. Такой неоднородной средой является, в частности, воздух земной атмосферы: плотность его возрастает у земной поверхности. Луч света искривляется, и в результате светила выглядят несколько смещёнными, «приподнятыми» относительно своих истинных положений на небе. Это явление называется *рефракцией* (от *лат.* refractus — «преломленный»).

Особенно сильной рефракция бывает тогда, когда светила находятся у горизонта. Подсчитано, что звёзды, Солнце, Луна на восходе и на закате кажутся выше своих истинных позиций приблизительно на 35′, т. е. на полградуса. Примерно половине градуса равны и угловые размеры солнечного и лунного дисков. Поэтому если мы видим, что заходящее Солнце (или Луна) нижним краем касается Земли, то на самом деле за горизонт заходит верхний край.

Вследствие рефракции света в атмосфере могут появляться мнимые изображения отдалённых объектов — *миражи*.

Воздух нагревается от поверхности Земли, и с высотой его температура падает. Однако если над слоем прохладного воздуха оказывается более тёплый (принесённый, например, южными ветрами) и сильно разреженный воздушный слой, а переход между ними довольно резок, то рефракция значительно усиливается. Лучи света, идущие от предметов на Земле, описывают подобие дуги и возвращаются вниз, иногда за десятки, даже сотни километров от своего источника. Тогда наблюдается «поднятие горизонта», или *верхний мираж*.

С Лазурного берега Франции в ясное утро порой можно увидеть поднимающиеся из Средиземного моря горы острова Корсика — до него более 200 км. В Калабрии, напротив сицилийского берега, в воздухе

▶▶ Верхний мираж.

Нижний (озёрный) мираж в пустыне. ▼







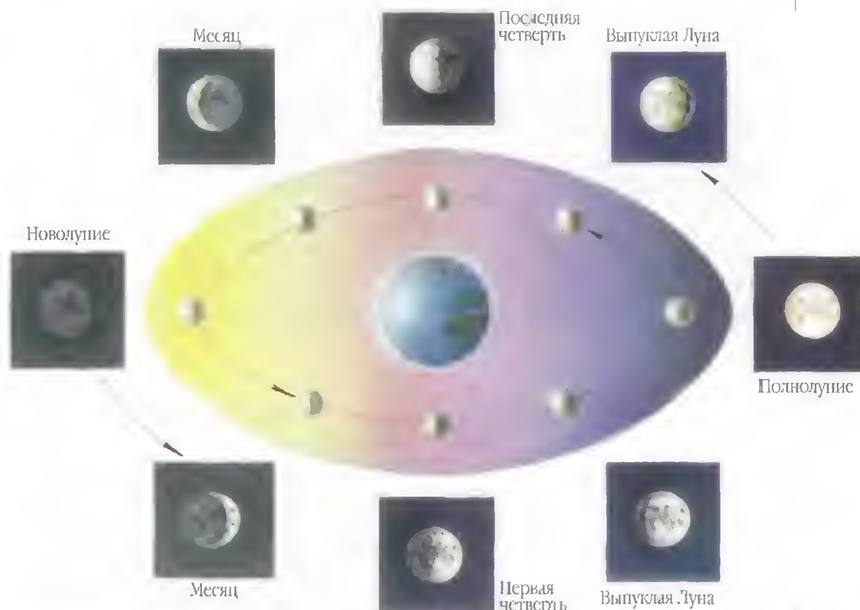
уже не заходит. Расстояние между Луной и Солнцем уменьшается со 180° до 90°. Опять становится видна только половина лунного диска, но это уже левая его часть. Наступает *последняя четверть.* А через 22 дня 3 ч после новолуния Луна в последней четверти восходит около полуночи и светит в течение всей второй половины ночи. К восходу Солнца она оказывается в южной стороне неба.

Ширина лунного серпа продолжает уменьшаться, а сама Луна постепенно приближается к Солнцу с правой (западной) стороны. Бледный серп появляется на восточном небосклоне под утро, с каждыми сутками всё позднее. Опять виден пепельный свет ночной Луны. Угловое расстояние между Луной и Солнцем уменьшается от 90° до 0°. Наконец Луна догоняет Солнце и снова становится невидимой. Начинается следующее новолуние. Лунный месяц закончился. Прошло 29 дней 12 ч 44 мин 2,8 с, или почти 29,6 суток.

Промежуток времени между последовательными одноимёнными фазами Луны называется *синодическим месяцем* (от *греч.* «синодос» — «соединение»). Таким образом, синодический период связан с видимым на небе расположением небесного тела (в данном случае Луны) относительно Солнца.

Свой путь вокруг Земли относительно звёзд Луна совершает за 27 суток 7 ч 43 мин 11,5 с. Этот период называется *сидерическим* (от *лат.* sideris — «звезда»), или *звёздным месяцем.* Таким образом, сидерический месяц немного короче синодического. Почему? Рассмотрим движение Луны от новолуния до новолуния. Луна, совершив оборот вокруг Земли за 27,3 суток, возвращается на своё место среди звёзд. Но Солнце за это время уже переместилось по эклиптике к востоку, и только когда Луна догонит его, наступит следующее новолуние. А для этого ей потребуется ещё примерно 2,2 суток.

Путь Луны по небу проходит недалеко от эклиптики, поэтому полная Луна поднимается из-за горизонта при заходе Солнца и приближённо повторяет путь, пройденный им за полгода до этого. Летом Солнце поднимается на небе высоко, полная же Луна не удаляется далеко от горизонта. Зимой Солнце стоит низко, а Луна, напротив, поднимается высоко и долго освещает зимние пейзажи, придавая снегу синий оттенок.

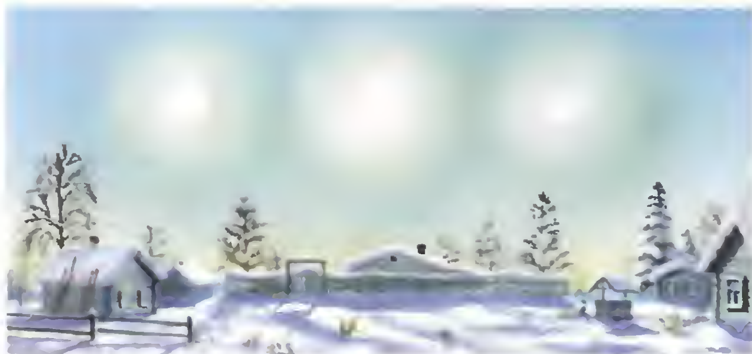


Фазы Луны.



Молодой месяц на вечернем небе.







▲▲
Паргелии (ложные солнца).

▲
Лучи Солнца, пробивающиеся сквозь кучевые облака.

лучи, отразившиеся дважды, и т. д. В 1948 г. в Ленинграде (ныне Санкт-Петербург) среди туч над Невой появилось сразу четыре радуги.

Вид радуги, яркость цветов, ширина полос зависят от размеров и количества водяных капель в воздухе. Яркая радуга бывает летом после грозового дождя, во время которого падают крупные капли. Как правило, такая радуга предвещает хорошую погоду.

Радугу даёт и Луна, но поскольку сама она (по сравнению с Солнцем) светит слабо, то и радуга от неё слабая и бледная.

ГАЛО

Светлый туман вокруг Солнца или Луны можно видеть довольно часто. Это бывает тогда, когда небо затянуто пеленой — лёгкими высокими перистыми облаками. Мельчайшие ледяные кристаллики и капельки воды, из которых эти облака состоят, как бы светятся, рассеивая лучи яркого источника света. (Так же блестят зимой замёрзшие окна, создавая ореол вокруг фонаря; подобный ореол можно увидеть и вокруг лампочки, если посмотреть на неё через лёгкую полупрозрачную ткань.) Но иногда, если облака достаточно тонкие и однородные, вокруг Солнца или Луны появляется не просто туманное свечение, а яркий круг, реже сразу несколько кругов — *гало́* (от *греч.* «галос» — «круг», «диск»).

Гало возникает, когда лучи света преломляются на сгустившихся в высоких облаках ледяных кристалликах, имеющих форму шестигранных призм. В результате мы видим малый круг гало радиусом 22°. Большой круг образуют лучи, прошедшие через боковую грань и основание призм-кристалликов. Его радиус равен примерно 46°. Большой круг наблюдается реже и светится слабее, однако вокруг Солнца его разглядеть проще, чем малый, теряющийся в ярком солнечном свете. Малое гало лучше видно вокруг Луны. Благодаря дисперсии света гало всегда слегка окрашены в радужные тона. Обычно гало предвещают дождь.

Изредка ледяные кристаллы, составляющие облака, располагаются так, что отдельные участки гало светятся более ярко, образуя *паргелии* (от *греч.* «пара» — «возле» и «гелиос» — «солнце») — ложные солнца.

Иногда в тихую погоду на закате или на восходе можно заметить по обе стороны от Солнца столбы света, как бы вздымающиеся к небу из-под Земли. Это лучи, отражённые от вертикально расположенных ледяных кристаллов, из которых образуются медленно опускающиеся перистые облака. Отдельные участки столбов бывают порой настолько яркими, что тоже создают ложные солнца. В сильный мороз такие столбы предвещают дальнейшее понижение температуры.

В старину на Руси яркие участки столбов и гало и ложные солнца на-



Причина лунных затмений стала в какой-то степени понятна уже восточным мудрецам много тысяч лет назад. Но, как и все важные знания о небе, она была жреческой тайной. Греческие учёные осмыслили и рассекретили халдейские и египетские премудрости.

Затмения Луны происходят всегда в полнолуние, когда Солнце, Земля и Луна выстраиваются в один ряд. Освещённая Солнцем Земля отбрасывает в пространство тень. В длину тень имеет вид конуса, вытянутого на миллион километров; поперёк она круглая, а на расстоянии 360 тыс. километров от Земли её диаметр в 2,5 раза больше лунного. Когда Луна целиком войдёт в обширное пространство тени, наступает *полная фаза* затмения, длящаяся иногда более полутора часов, пока краснек нашего спутника опять не появится на свету.

Итак, круглое и красное — это пространство земной тени, которую пересекает Луна. Аристотель чётко сформулировал эту истину и сделал очень важный вывод: раз конус тени во всякое затмение имеет круглое сечение, значит, и Земля наша округла и может быть только шаром. Это было первое (но не единственное) доказательство шарообразности Земли.

Если бы плоскость орбиты Луны совпадала с плоскостью земной орбиты (плоскостью эклиптики), то затмения Луны повторялись бы каждое полнолуние, т. е. регулярно через 29,5 суток. Но месячный путь Луны наклонён к плоскости эклиптики на 5°, и Луна дважды в месяц лишь пересекает «круг затмений» в двух «рискованных» точках. Эти точки называются *узлами лунной орбиты*. Следовательно, для того чтобы произошло лунное затмение, необходимо совпадение двух независимых условий: должно быть полнолуние и Луна в это время должна пребывать в узле своей орбиты или где-то рядом.

В зависимости от того, насколько близко Луна окажется к узлу орбиты в час затмения, она может пройти через середину конуса тени, и затмение будет максимально продолжительным, а может пройти краем тени, и тогда мы увидим *частное лунное затмение*. Конус земной тени окружён полутенью. В эту область пространства попадает лишь часть солнечных лучей, не заслонённая Землёй. Поэтому бывают *полутеневые затмения*. О них тоже сообщается в астрономических календарях, но эти затмения неразличимы для глаза, только фотоаппарат и фотометр способны отметить помрачение Луны во время полутеневой фазы или полутеневого затмения. Когда же полнолуние случается далеко от узлов лунной орбиты, Луна проходит выше или ниже тени и затмения не происходит.

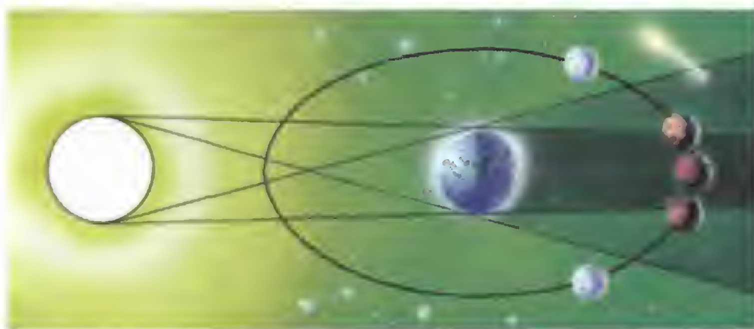


Схема лунного затмения.

Восточные жрецы, ещё не очень чётко всё это понимая, веками вели упорный счёт полным и частным затмениям. На первый взгляд в расписании затмений не обнаруживается никакого порядка. Бывают годы, когда случается три лунных затмения, а бывает, что и ни одного. К тому же лунное затмение видно только с той половины земного шара, где Луна в этот час находится над горизонтом, так что с любого места на Земле, например из Египта, можно наблюдать только чуть больше половины всех лунных затмений.

Но упорным наблюдателям небо открыло наконец великую тайну: за 6585,3 суток по всей Земле всегда происходит 28 лунных затмений. В следующие 18 лет 11 дней и 8 часов (а это и составляет названное число суток) все затмения будут повторяться по тому же расписанию. Остаётся только ко дню каждого затмения



ЭТИ ЗАГАДОЧНЫЕ НОЧНЫЕ ОБЛАКА

Вечером 25 июня 1989 г. в северо-западной части московского неба появились еле заметные светящиеся полоски облаков. На первый взгляд они мало чем отличались от лёгкой вечерней облачности, покрывавшей небо после захода Солнца. Лишь цвет облаков был несколько необычен. От них исходило слабое бело-голубое сияние, скорее напоминавшее призрачный свет Луны... Через час светящиеся облака ровными полосками, струями и грядами заполнили почти всю северную часть небосклона. Чуть восточнее и выше они висели в виде клочьев светящейся массы, ажурно переходящей в изящные гребешки, которые закручивались в замысловатые спирали. При этом они казались совершенно неподвижными. Лишь через 10—15 мин наблюдений можно было заметить, что картина этой небесной феерии почти полностью сменилась, так как всё новые и новые облака выплывали с северо-востока, поднимались к зениту и там незримо угасали на фоне тёмно-синего неба.

А вот как описал это явление в 1885 г. один из первых его исследователей, русский астроном Витольд Карлович Цераский: «Облака эти ярко блистали на ночном небе чистыми, белыми, серебристыми лучами, с лёгким голубоватым отливом, принимая в непосредственной близости от горизонта жёлтый, золотистый оттенок. Были случаи, что от них делалось светло, стены зданий весьма заметно озарялись, и неясно видимые предметы резко выступали. Иногда облака образовывали слои или пласты, иногда своим видом похожи были на ряды волн или напоминали песчаную отмель, покрытую рябью или волнистыми неровностями...».

Серебристые (мезосферные) *облака* являются самыми высокими облачными образованиями: они наблюдаются на высоте 75—95 км (средняя высота их появления — 82 км). В отличие от привычных нам тропосферных облаков, они располагаются в зоне активного взаимодействия атмосферы Земли с космическим пространством. Хотя название «ночные светящиеся облака» наиболее точно отвечает их внешнему виду, правильнее серебристые облака отнести к разряду сумеречных явлений, так как чаще всего их наблюдают именно в гражданские и навигационные сумерки. Солнце, опустившись под горизонт на 3—16°, ещё освещает верхние слои атмосферы, создавая эффект облаков, светящихся на тёмном небе. Как правило, их видят в летние месяцы (май — сентябрь) на широтах 45—70°, причём наиболее часто на широте 56° (широта Москвы). На этих широтах облака появляются в среднем от 9 до 20 раз за сезон. Так, в 1981 г. в Москве они наблюдались восемь ночей подряд, с 8 по 16 июля. Время существования отдельных облаков также подвержено значительным колебаниям: от 10 мин до 5 ч.

Наблюдения показывают, что на широте 56° серебристые облака чаще всего появляются в период с третьей декады июня по вторую декаду июля, тогда их обширные поля занимают площади до нескольких миллионов квадратных километров. Кроме того, существуют многолетние вариации их интенсивности, связанные с солнечной активностью.

Ракетные эксперименты, выполненные в 80-е гг. в Швеции, дали интересную информацию о составе серебристых облаков. На высотах 80—94 км обнаружен слой «тяжёлых» положительных ионов, присутствие которых указывает на возможность образования ледяных частиц при сравнительно слабых колебаниях температуры. Облака, состоящие из подобных ледяных частиц, могут быстро распадаться, если температура повысится на 10—20 K.

Как показали расчёты и наблюдения, в наш космический век процесс образования облаков могут вызвать жидкостные ракеты вторых ступеней мощных ракет-носителей, функционирующие на высотах 60—120 км. При каждом запуске ракета-носитель выбрасывает около



Серебристые облака.



СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Миновало лунное затмение. Луна продолжает своё движение по небу вокруг Земли и постепенно теряет округлость, ущербляется. Через неделю после полнолуния настала последняя четверть, а ещё через неделю Луна пропала в лучах утреннего Солнца: подошло новолуние. В этот момент может произойти солнечное затмение — ведь именно в новолуние Луна проходит между Солнцем и Землёй. Астрономы заранее знают, когда и где будет наблюдаться солнечное затмение, и сообщают об этом в астрономических календарях.

Земле достался один-единственный спутник, но зато какой! Луна в 400 раз меньше Солнца и в 400 раз ближе него, поэтому на небе Солнце и Луна кажутся дисками одинакового размера. Так что при полном солнечном затмении Луна целиком заслоняет яркую поверхность Солнца, оставляя при этом открытой всю солнечную атмосферу.

Точно в назначенный час и минуту сквозь тёмное стекло видно, как на яркий диск Солнца наползает с правого края что-то чёрное, как появляется на нём чёрная лунка. Она постепенно разрастается, пока наконец солнечный круг не примет вид узкого серпа. Быстро ослабевает дневной свет. Вот Солнце полностью прячется за тёмной заслонкой, гаснет последний дневной луч, и тьма, кажущаяся тем глубже, чем она внезапнее, расстилается вокруг, повергая человека и всю природу в безмолвное удивление.

О затмении Солнца 8 июля 1842 г. в городе Павии (Италия) рассказывает английский астроном Фрэнсис Бейли: «Когда наступило полное затмение и солнечный свет мгновенно потух, вокруг тёмного тела Луны внезапно загорелось какое-то яркое сияние, похожее на корону или на ореол вокруг головы святого. Ни в каких отчётах о прежних затмениях не было описано ничего подобного, и я вовсе не ожидал увидеть великолепие, находившееся у меня теперь перед глазами. Ширина короны, считая от окружности диска Луны, была равна



Полное солнечное затмение. Корона.

примерно половине лунного диаметра. Она казалась составленной из ярких лучей. Её свет был плотнее около самого края Луны, а по мере удаления лучи короны делались всё слабее, тоньше. Ослабление света шло совершенно плавно вместе с увеличением расстояния. Корона представлялась в виде пучков прямых светлых лучей; их внешние концы расходились веером: лучи были неравной длины. Корона была не красноватая, не жемчужная, она была совершенно белого цвета. Её лучи переливались или мерцали, как газовое пламя. Как ни блестяще было это явление, какие бы восторги и восхищение оно ни вызывало бы у зрителя, но всё же в этом странном, дивном зрелище было точно что-то зловещее, и я вполне понимаю, насколько могли быть испуганы и потрясены люди во времена, когда эти явления наступали совершенно неожиданно.

Наиболее удивительной подробностью всей картины было появление трёх больших выступов (протуберанцев), которые высились над краем Луны, но составляли, очевидно, часть короны. Они походили на горы громадной высоты, на снеговые вершины Альп, когда те освещены красными лучами заходящего Солнца. Их красный цвет впадал в лиловый или пурпуровый; быть может, лучше всего подошёл бы сюда оттенок цветов персика. Свет выступов, в противоположность остальным час-





Болид.

более узкими и на вершине связывался в один пучок...».

8 марта 1970 г., около десяти часов вечера, полярное сияние наблюдалось над Москвой. Северный участок неба светился ярким нежно-зеленоватым светом. Свечение занимало почти четверть горизонта и сверху ограничивалось слабой пурпурной каймой. Справа и слева располагались пурпурные столбы, очертания которых медленно менялись. Примерно через полчаса сияние стало тускнеть и затем исчезло.

МЕТЕОРЫ

Бывает, что ночное небо пронзает огненная стрела. Внезапно вспыхнув в воздухе, она некоторое время мчится к Земле, а затем так же неожиданно гаснет. Эти явления часто называют падающими звёздами. Но к звёздам они не имеют никакого отношения. В Солнечной системе движется множество *метеорных тел* — крупных и мелких частиц твёрдого вещества. Если путь метеорного тела проходит вблизи Земли, оно может войти в её атмосферу. От трения о воздух такие частицы нагреваются и сгорают или испаряются, оставляя за собой в воздухе быстро исчезающий светящийся след — *метеор*. Особенно яркие метеоры — *болиды* — хорошо видны даже днём и напоминают большую раскалённую головешку, за которой тянется широкая длинная дымная полоса. Не все метеорные тела полностью сгорают в атмосфере. Некоторые достигают поверхности Земли и, если попадают в руки учёных, многое могут поведать об истории нашей планетной системы (см. статью «Метеоры и метеориты»).

ПОКРЫТИЕ ЗВЁЗД ЛУНОЙ

Луна — наш единственный естественный спутник — лишена атмосферы. Благодаря этому с Земли можно разглядеть относительно мелкие детали лунной поверхности, а также многое узнать о далёких звёздах.

Обращаясь по своей орбите, Луна часто оказывается между Землёй и какой-либо звездой. Если это происходит не в полнолуние, то можно видеть, как звезда вдруг исчезает за тёмным краем лунного диска. Это явление называется *покрытием* звезды Луной. (Если звезда вдруг показывается из-за тёмного края лунного диска, говорят об «открытии» звезды.) Ярких звёзд на пути Луны не так много. Поэтому увидеть покрытие невооружённым



▸ Покрытие звёзд Луной. Коллаж.



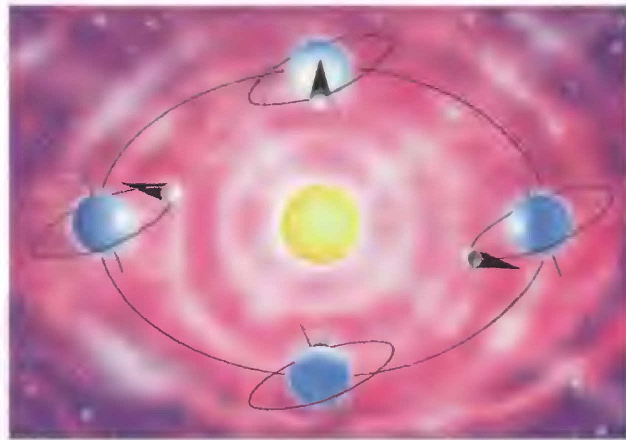
го затмения. А если мы окажемся вблизи полосы полного затмения, в области полутени, для нас только часть Солнца заслонится Луной, и будет наблюдаться *частное затмение*.

В некоторые новолуния остриё лунной тени проходит мимо земного шара, а на Землю падает только полутень. Тогда календари объявляют о частном затмении Солнца.

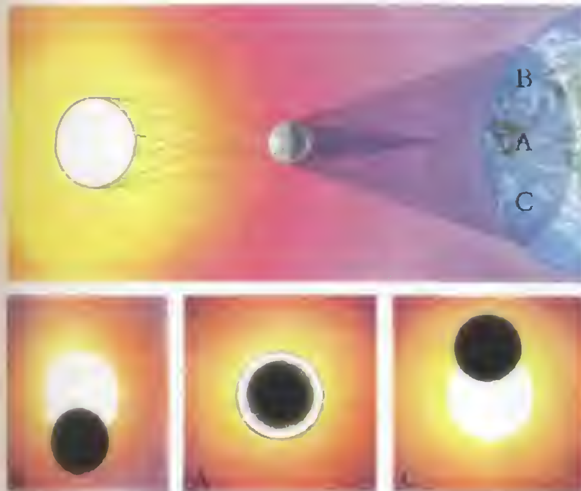
Если в день затмения Луна, перемещаясь по своей вытянутой орбите, будет находиться на значительном удалении от Земли, то видимый диск её окажется мал и не сможет полностью покрыть Солнце. Поэтому в середине затмения края Солнца будут выглядывать из-за Луны, мешая видеть и фотографировать корону. Это — *кольцеобразное затмение*.

Древние астрономы предсказывали солнечные затмения так же, как и лунные — по саросу. За 18 лет 11 дней и 8 часов происходит кроме 28 лунных ещё и 43 солнечных затмения, из них 15 частных, 15 кольцеобразных и 13 полных. Но предсказывать солнечные затмения намного труднее, чем лунные. Ведь полоса затмения покрывает небольшую часть поверхности Земли, а в саросе не целое число суток. Пройдёт 6585 суток, вроде бы затмение должно повториться, но планета доворачивается ещё на треть оборота, так что теневая дорожка пробежит совсем другими областями Земли. Тогда мудрецы придумали тройной сарос — 3·6585,3 суток. Однако и здесь у древних астрономов случались промахи в предсказаниях. Иногда это имело печальные последствия. Осенью 2137 г. до н. э. были казнены китайские придворные астрономы Хи и Хо, не предупредившие императора о предстоящем затмении. Указ гласил, что виновные просчитались с затмением, «предавшись пьянству», но, может быть, несчастные звездочёты перед каждым очередным затмением со страхом размышляли, доносить или не доносить, не зная точно, пройдёт оно через Китай или нет.

В наше время затмения с большой точностью вычислены на тысячи лет назад и сотни лет вперёд. Затмения, рассчитанные для далёкого прошлого, позволяют историкам совершен-



Почему не всегда бывают солнечные затмения.



◄◄ Схема кольцеобразного солнечного затмения.

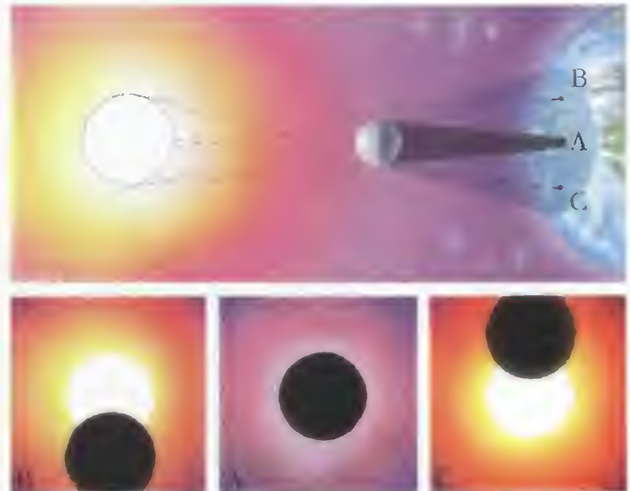


Схема полного солнечного затмения. ▼





ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА, ЛУНЫ И ПЛАНЕТ

ПУТЬ СОЛНЦА СРЕДИ ЗВЁЗД

СУТОЧНЫЙ ПУТЬ СОЛНЦА

Каждый день, поднимаясь из-за горизонта в восточной стороне неба, Солнце проходит по небу и вновь скрывается на западе. Для жителей Северного полушария это движение происходит слева направо, для южан — справа налево. В полдень Солнце достигает наибольшей высоты, или, как говорят астрономы, *кульминирует*. Полдень — это верхняя кульминация, а бывает ещё и нижняя — в полночь. В наших средних широтах нижняя кульминация Солнца не видна, так как она происходит под горизонтом. А вот за Полярным кругом, где Солнце летом иногда не заходит, можно наблюдать и верхнюю, и нижнюю кульминации.

На географическом полюсе суточный путь Солнца практически параллелен горизонту. Появившись в день весеннего равноденствия, Солнце четверть года поднимается всё выше, описывая круги над горизонтом. В день летнего солнцестояния оно достигает максимальной высоты (23,5°). Следующие четверть года, до осеннего равноденствия, Солнце спускается. Это полярный день. Затем на полгода наступает полярная ночь.

В средних широтах на протяжении года видимый суточный путь



Закат Солнца.



ких-то из этих кадров лучше получится внутренняя корона, на каких-то — менее яркая внешняя. Если Солнце не слишком высоко над горизонтом, можно сделать превосходный пейзажный снимок с красным заревым кольцом у горизонта. Перед затмением уточните, сколько минут или секунд продолжается полная фаза, рассчитайте, сколько раз вы успеете щёлкнуть затвором, потренируйтесь делать короткие ручные выдержки. Оставьте немного времени и для того, чтобы просто посмотреть на затмение.

СЛОЖНЫЕ ПЕТЛИ «БЛУЖДАЮЩИХ СВЕТИЛ»

Наверное, Луна — это первое небесное тело, перемещение которого на фоне постоянного узора созвездий было отмечено людьми. Это неудивительно: движется Луна довольно быстро, так что её движение можно заметить буквально в течение одной ночи. Каждый час Луна смещается относительно звёзд на величину своего поперечника, разумеется участвуя вместе с ними и в суточном вращении вокруг полюса мира. Направление перемещения среди звёзд противоположно направлению её суточного вращения.

Труднее заметить подобное движение Солнца — ведь оно светит днём, «когда и так светло», как говаривал незабвенный Козьма Прутков, и когда (что для нас сейчас важнее) на небе не видны другие светила. Фон дневного неба слишком ярок, чтобы на нём можно было заметить слабые источники света — звёзды (хотя они там присутствуют!). Поэтому и нельзя прямо наблюдать перемещение Солнца среди них. Однако наблюдая сезонные изменения ночного неба, люди поняли, что Солнце тоже перемещается относительно звёзд — в ту же сторону, что и Луна, но гораздо медленнее.

Но ещё до этого открытия были обнаружены светила, и притом весьма яркие, чьё движение среди звёзд было несомненным. Их назвали *планетами* (от *греч.* «астер планетес» — «блуждающая звезда»). Уже в римскую эпоху они получили имена богов и богинь римского пантеона — в полном соответствии с особенностями своего облика и движения.

«Эти движения в связи с блеском планет внушили людям мысль дать им те имена, которые они носят, соединять с ними некоторые представления, приписывать им влияние на судьбу людей, видеть в них символы божеств, а то и самые божества. Венера, сияющая своими белыми, яркими лучами, стала богиней звёзд и красоты; величественный Юпитер считался главнейшим божеством; окружённый красными лучами Марс сделался богом войны; Сатурн, самый медлительный из обитателей небес, стал символом времени и судьбы; лёгкий мелькающий Меркурий, то появляющийся после Аполлона, то предве-



Луна, Венера и Юпитер среди звёзд.

восхода Солнца смещается от точки востока влево, к северу. А место захода удаляется от точки запада вправо, тоже к северу. В день летнего солнцестояния Солнце появляется на северо-востоке. В полдень оно кульминирует на максимальной за год высоте. Заходит Солнце на северо-западе.

Затем места восхода и захода смещаются обратно к югу. В день зимнего солнцестояния Солнце восходит на юго-востоке, пересекает небесный меридиан на минимальной высоте и заходит на юго-западе.

Следует учитывать, что вследствие рефракции (т. е. преломления световых лучей в земной атмосфере) видимая высота светила всегда больше истинной. Поэтому восход Солнца происходит раньше, а заход — позже, чем это было бы при отсутствии атмосферы.

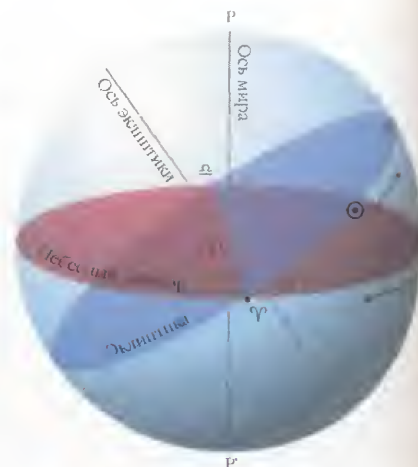
Итак, суточный путь Солнца представляет собой малый круг небесной сферы, параллельный небесному экватору. В то же время в течение года Солнце перемещается относительно небесного экватора то к северу, то к югу. Дневная и ночная части его пути неодинаковы. Они равны только в дни равноденствий, когда Солнце находится на небесном экваторе.

ГОДИЧНЫЙ ПУТЬ СОЛНЦА

Выражение «путь Солнца среди звёзд» кому-то покажется странным. Ведь днём звёзд не видно. Поэтому нелегко заметить, что Солнце медленно, примерно на 1° за сутки, перемещается среди звёзд справа налево. Зато можно проследить, как в течение года меняется вид звёздного неба. Всё это — следствия обращения Земли вокруг Солнца.

Путь видимого годичного перемещения Солнца на фоне звёзд именуется *эклиптикой* (от *греч.* «эклипсис» — «затмение»), а период оборота по эклиптике — *звёздным годом.* Он равен 365 суткам 6 ч 9 мин 10 с, или 365,2564 средних солнечных суток.

Эклиптика и небесный экватор пересекаются под углом *23°26′* в *точках весеннего* и *осеннего равноденствия.*



▸ Эклиптика — путь Солнца на небесной сфере.

В первой из этих точек Солнце обычно бывает 21 марта, когда оно переходит из южного полушария неба в северное. Во второй — 23 сентября, при переходе из северного полушария в южное. В наиболее удалённой к северу точке эклиптики Солнце бывает 22 июня (летнее солнцестояние), а к югу — 22 декабря (зимнее солнцестояние). В високосный год эти даты сдвинуты на один день.

Из четырёх точек эклиптики главной является точка весеннего равноденствия. Именно от неё отсчитывается одна из небесных координат — прямое восхождение. Она же служит для отсчёта звёздного времени и *тропического года* — промежутка времени между двумя последовательными прохождениями центра Солнца через точку весеннего равноденствия. Тропический год определяет смену времён года на нашей планете.

Так как точка весеннего равноденствия медленно перемещается среди звёзд вследствие прецессии земной оси (см. статью «Игра с волчком, или Длинная история с полярными звёздами»), продолжительность тропического года меньше продолжительности звёздного. Она составляет 365,2422 средних солнечных суток.

Около 2 тыс. лет назад, когда Гиппарх составил свой звёздный каталог (первый дошедший до нас целиком), точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овна. К нашему

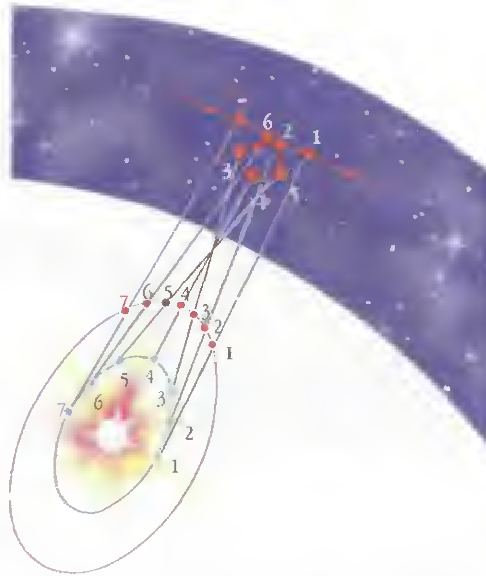


Движение остальных планет — Юпитера, Сатурна и открытых в Новое время при помощи телескопов Урана, Нептуна и Плутона — происходит так же. Только размер петель, описываемых планетами в перечисленной последовательности, становится всё меньше и меньше.

Для объяснения таких необычных движений в своё время были придуманы весьма сложные механические системы. Над умами долго довлели религиозно-философские идеи об устройстве мира и его гармонии. В частности, совершенным движением, единственно достойным приложения к небесным объектам, считалось равномерное движение по окружности. Поэтому система александрийца Клавдия Птолемея, господствовавшая в науке много столетий, пыталась описать видимые движения планет как комбинацию таких равномерных движений по окружности. К тому же система эта была геоцентрической: в центре Вселенной помещалась неподвижная Земля; вокруг неё вращались даже не планеты, а центры окружностей, по которым равномерно двигались планеты. Но такая схема не могла точно описать видимое движение планет, и её пришлось усложнять введением новых кругов. Потребовался гений Коперника и Кеплера, чтобы описать истинные движения планет вокруг Солнца.

Видимые с Земли движения планет обусловлены двумя основными факторами:

1. Мы наблюдаем перемещение на фоне звёзд тех планет, которые обращаются вокруг Солнца, и притом мы сами находимся на планете, обращающейся вокруг Солнца.



Петлеобразное движение верхних планет.

2. Скорость движения по орбите тем больше, чем ближе планета к Солнцу.

Таким образом, когда Венера и Земля находятся примерно на одной прямой с Солнцем и по одну сторону от него, Венера обгоняет Землю в орбитальном движении и на небе Земли перемещается среди звёзд попятным движением. Когда в такой ситуации оказываются Земля и Марс, уже Земля обгоняет своего внешнего соседа, и тот получает попятное движение на небе.

Размеры петли зависят от расстояния между планетой и Землёй: чем оно больше, тем петля меньше. Отметим ещё, что планеты описывают петли, а не просто движутся туда-обратно по одной линии исключительно из-за того, что плоскости их орбит не совпадают с плоскостью эклиптики (т. е. плоскостью земной орбиты).





ДВИЖЕНИЕ И ФАЗЫ ЛУНЫ

Известно, что Луна меняет свой вид. Сама она не излучает света, поэтому на небе видна только освещённая Солнцем её поверхность — дневная сторона. Перемещаясь по небу с запада на восток, Луна за месяц догоняет и перегоняет Солнце. При этом происходит смена *лунных фаз*: новолуние, первая четверть, полнолуние и последняя четверть.

Полная Луна.


Пепельный свет Луны.






В *новолуние* Луну не разглядеть даже в телескоп. Она располагается в том же направлении, что и Солнце (только выше или ниже его), и повёрнута к Земле неосвещённым полушарием. Через один-два дня, когда Луна удалится от Солнца, узкий серп можно будет наблюдать за несколько минут до её захода в западной стороне неба на фоне вечерней зари. Первое появление лунного серпа после новолуния греки называли «неомения» («новая Луна»). Этот момент у древних народов считался началом лунного месяца.

Иногда в течение нескольких дней до и после новолуния удаётся заметить пепельный свет Луны. Это слабое свечение ночной части лунного диска не что иное, как солнечный свет, отражённый Землёй на Луну. Когда лунный серп увеличивается, пепельный свет бледнеет и становится незаметным.

Всё дальше и дальше влево от Солнца уходит Луна. Серп её с каждым днём растёт, оставаясь выпуклым вправо, к Солнцу. Через 7 суток 10 ч после новолуния наступает фаза, именуемая *первой четвертью*. За это время Луна удалилась от Солнца на 90°. Теперь солнечные лучи освещают только правую половину лунного диска. После захода Солнца Луна находится в южной стороне неба и заходит около полуночи. Продолжая перемещаться от Солнца всё дальше к востоку, Луна с вечера появляется на восточной стороне неба. Заходит она уже после полуночи, причём каждые сутки всё позднее и позднее.

Когда наш спутник оказывается в стороне, противоположной Солнцу (на угловом расстоянии 180° от него), наступает *полнолуние*. Полная Луна светит всю ночь. Она восходит с вечера и заходит под утро. Спустя 14 суток 18 ч с момента новолуния Луна начинает приближаться к Солнцу справа. Освещённая доля лунного диска уменьшается. Всё позднее восходит Луна над горизонтом и к утру



околосветовой скоростью. Согласно специальной теории относительности Эйнштейна, чем больше скорость, тем больше замедление. В самом корабле, на себе, на своих часах экипаж в полёте не заметит никаких изменений. Но встреча на родном космодроме с бородатыми старцами, которые по документам приходятся космонавтам правнуками, убедит их в том, что время на Земле и в полёте текло по-разному.

Пространство можно оградить забором, запереть в сейфе, иметь в кармане — время нельзя убрать, запасти впрок. На старое место можно вернуться — время необратимо. Прошлое навсегда закрылось для нас. В будущее путешествуйте сколько угодно: в нормальном темпе, как все, или обгоняя остальных — в космическом корабле. Но запрет на путешествие в прошлое категоричен. Попав в прошлое, человек или вещь могли бы подправить, изменить и даже привести к абсурду события нашего времени, например убить в прошлом того, кто в настоящее время жив. Время необратимо, а это значит, что нельзя изменить порядок уже сделанных ходов, невозможно следствие поставить раньше его причины. «Невозможно дважды войти в одну и ту же реку», — говорил Гераклит.

Но во времени существуют и якобы возвратные — повторные, периодические процессы: удары сердца, качание маятника, пульсация звезды, приливы и отливы в океане, вращение планеты. И все обороты Земли были бы по времени строго одинаковыми, если бы... Если бы вокруг был полный вакуум, не было бы электрических и магнитных полей Солнца и Галактики, не существовало бы никаких других небесных тел, оказывающих на Землю гравитационное влияние, если бы она не сжималась, если бы внутри неё не перемешивалось вещество, если бы человек не строил на ней водохранилищ и вообще сидел тихо... Иными словами, если бы Земля не испытывала никакого внешнего воздействия, тогда и планета вращалась бы вечно, и время Вселенной сделалось обратимым! Но для этого

Время возникло вместе с небом, дабы, одновременно рождённые, они и распались бы одновременно, если наступит для них распад. Когда Бог усмотрел, что порождённый им космос движется и живёт, он замыслил сотворить некое движущееся подобие божественной вечности: устроив небо, он вместе с ним творит время — вечный образ, движущийся от числа к числу... И вот, чтобы время родилось, возникли Солнце, Луна и пять других светил, именуемых планетами, дабы определять и блюсти числа времени. Сотворив одно за другим их тела, Бог поместил их, числом семь, на семь кругов, по которым совершалось круговращение. Так возникли день и ночь — круговорот Земли; месяц же — это когда Луна совершает свой обход Земли и нагоняет Солнце, а год — когда Солнце обходит свой круг. Что касается круговоротов других планет, то люди, за исключением немногих, не замечают их, не измеряют их взаимных числовых отношений. Можно сказать, они и не догадываются, что несказанно многообразные блуждания планет — это также время...

(Платон. Тимей. IV в. до н. э.)

Что же такое время? Пока никто меня о том не спрашивает, я понимаю, нисколько не затрудняясь; но как скоро хочу дать ответ об этом, я становлюсь совершенно в тупик. Между тем вполне сознаю, что если бы ничто не уходило, то не было бы прошедшего, и если бы ничего не происходило, то не было бы будущего, и если бы не было ничего действительно существующего, то не было бы и настоящего времени. Но в чём состоит сущность прошедшего и будущего, когда прошедшего уже нет, а будущего ещё нет? Если же настоящее остаётся действительным временем при том только условии, что через него переходит будущее в прошедшее, то как мы можем приписать ему действительное существование, основывая его на том, чего нет?..

(Блаженный Августин. Исповедь. Около 400 г.)

В общей теории относительности представления о пространстве и времени перестают быть фундаментальными, то есть независимыми ни от чего понятиями физики. Геометрические характеристики тел, их поведение и течение времени зависят прежде всего от гравитационных полей, которые в свою очередь создаются материальными телами.

*(Альберт Эйнштейн.
Что такое теория относительности. 1919 г.)*

только и надо, чтобы, кроме вращающегося шарика, не было бы ничего во Вселенной.

Чем короче период движения, тем, как правило, он менее зависим от внешних событий. За время последнего витка Солнечной системы вокруг центра Галактики (а это 215 млн лет!) сколько изменений произошло на Земле: сдвинулись материки, выросли



ЛУННЫЕ И СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

— А ещё хотели остроумов бить. То-то вот глупость...
— А у нас, братцы, мужики и без остроумов знали, что будет затмение. Ей-богу... Потому старики учили: ежели, говорят, месяц по зорям ходит — непременно к затмению. Но только в какой день — этого не знали. Это, неча хвастать, было нам неизвестно.
— А они, вишь, как рассчитали, в аккурат! Как ихний маятник ударил, тут и началось... Премудрость.
— На то и разум даден человеку.

В. Г. Короленко. На затмении. 1887

ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Светит полная луна. «Что это она сегодня необычайно яркая?» — подумали вы, глянули и увидели: по левому краю её серебристого диска будто кто-то мазнул красной краской. Началось лунное затмение.

В течение часа что-то круглое и красное, словно большой диск окрашенного стекла, постепенно накатывает на ночное светило, пока всё оно не скроется в этой красноте. И долго ещё Луна будет оставаться в таком виде, а затем красный круг начнёт сползать с её правого края.

Разные чувства вызывает лунное затмение. Можно любоваться медно-красным диском Луны, голубоватым ободком по краю тени, радуясь тому, какое нынче выдалось светлое и яркое затмение. В старину тёмно-багровое, кровавое лунное «затмище» пугало. Не говоря уже о тех случаях, когда Луна, к удивлению и тревоге очевидцев, вообще исчезала с неба! А вдруг навсегда?!



Полное лунное затмение.

Древние обитатели Южной Америки инки думали, что Луна покраснела от болезни и если она умрёт, то, пожалуй, сорвётся с неба и упадёт. Зная, что Луна — большая приятельница собак, инки таскали псов за уши, взывая: «Матушка Луна, матушка Луна!». Бедная Луна, заслышав визги и мольбы, собирала все свои силы, чтобы победить болезнь и воскреснуть с прежней яркостью.

Норманнам же представлялось, что красный волк Мангарм опять осмелел и напал на Луну. Отважные воины, конечно, понимали, что не могут причинить вреда небесному хищнику, но, зная, что волки не выносят шума, кричали, свистели, били в барабаны. Шумовая атака продолжалась иной раз два, а то и три часа без перерыва.

А в Центральной Азии затмение проходило в полной тишине. Люди безучастно глядели, как злой дух Раху проглатывает Луну. Никто не шумел и не махал руками. Ведь всякому известно, что добрый дух Очирвани когда-то отсёк демону полтуловища и Луна, пройдя сквозь Раху, как через рукав, засветит вновь.

На Руси всегда считалось, что затмение предвещает беду: «Месяц погибе и бысть аки кровь... и по двою часу паки свету исполнися (а через два часа опять просветлел)». И вспоминает летописец, как качали головами мудрые «старии людие» и рекли: «Не благо есть сяково знамение!».



Так писал библейский мудрец Екклезиаст. Кольцо времён позволяло наглядно представить безграничность времени — вечность.

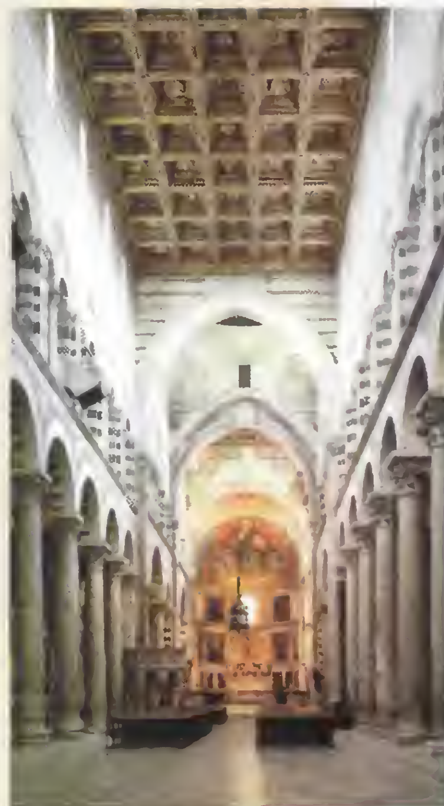
Но вернёмся к науке. Желая изучить предмет глубже, исследователь разлагает его на части — анализирует. Так, день поделили сначала пополам, отметив момент, когда тень от вертикального столба была минимальной, а высота Солнца — самой большой. При этом оказалось, что дуга пути поднимающегося Солнца равна дуге Солнца опускающегося. И момент его высшего положения назвали полднем. Вертикальный столб — *гномон* — древнейший астрономический прибор. Полуденная тень его всегда обращена на север, поэтому гномон был и первым компасом. А когда от столба прочертили направление на север, он стал первыми часами, показывавшими пока только один час — полдень.

Когда вокруг гномона поставили визиры на точки восхода Солнца в День Первой Травы или в День Большой Воды, то получили прицел-календарь, позволяющий узнавать о возвращении даты через год. Правда, в каждой точке горизонта Солнце восходит дважды в году. Например, первый выгон коров на Руси был приурочен к Егорию (7 мая). В той же точке горизонта Солнце появится и 5 августа. Однако май от августа можно отличить и без прибора. Календари-гномоны позволили ещё в век «каменного приборостроения» определить продолжительность года в 360—365 дней.

Следующая научная задача — расчислить предмет исследования, ведь справедливо сказано: «Время — это число». Начали соизмерять сутки, месяц, год. Год получался где-то 360 суток плюс ещё сколько-то. Но число 360 привело древних теоретиков в восторг: 3 × 4 × 5 × 6 = 360. Само небо послало людям число, делящееся без остатка на все числа от 2 до 6! Небо даровало Вавилону шестидесятиричную систему счёта: 3 × 4 = 12; 12 × 5 = 60; 60 × 6 = 360! А с остатком как-нибудь разберёмся. А дальше: 360 : 12 = 30 (т. е. месяцу). Правда, Луна проходит цикл фаз за 29,5 суток. Но за незнанием дробей месяц надо принять за 29 или 30 суток. Окружность — символ годового пути Солнца — разбили на 360°. День, следуя новой системе счёта, разделили на 12 дневных часов, а ночь — на 12 ночных.

Ах, как было бы хорошо, если бы в году было ровно 360 суток, а в лунном цикле — 30. Не было бы проблем календаря. Но Земля обходит Солнце за 365 суток 5 ч 48 мин 45,84 с. И если в этом году Новый год начался в полночь, то не встречать же следующий в шестом часу утра! Луна же вообще пробегает вокруг Земли с очень разным личным результатом: от 29,25 до 29,85 суток. Поэтому построить во всех отношениях удобный календарь не удалось и по сей день.

ЛАМПА ГАЛИЛЕЯ



Пизанский собор на родине Галилео Галилея. Здесь и по сей день показывают «лампу Галилея» — люстру, свисающую изпод купола на 49-метровом подвесе. Течение воздуха в куполе, сквозняки раскачивают «лампу». Используя удары пульса как часы, молодой профессор Галилей установил, что время колебания люстры-маятника всегда постоянно и не зависит от величины её размаха (явление изохронности). А значит, заключил он, маятник с жёстким стержнем может служить отличным регулятором хода часов. Все маятниковые часы мира были «крещены» в этом соборе в 1589 г. По длине маятника L (в метрах) можно посчитать период его качания T в секундах:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \approx 2\sqrt{L},$$

где $g \approx 9,8$ м/с² — ускорение свободного падения.

Скольким ударам вашего пульса это равно?

прибавить 6585,3 дня. Так вавилонские и египетские астрономы научились предсказывать затмения через «повторение». По-гречески это *сарос*. Сарос позволяет рассчитывать затмения на 300 лет вперёд.

Когда движение Луны по орбите было изучено более тонко, астрономы научились вычислять не только день затмения, как это делалось по саросу, но и точное время его начала.

Христофор Колумб был первым из мореплавателей, кто, отправляясь в плавание, брал с собой астрономический календарь для определения долготы открытых земель по времени лунного затмения. Календарём ему служили знаменитые таблицы Региомонтана, предсказывавшие затмения до 1506 г. (см. статью «Возрождение в астрономии»).

Во время четвёртого плавания через Атлантику, в 1504 г., лунное затмение застало Колумба на острове Ямайка. Таблицы указывали начало затмения 29 февраля в 1 ч 36 мин по нюрнбергскому времени. Лунное затмение всюду на Земле начинается одновременно. Однако местное время на Ямайке отстаёт на много часов от времени германского города, потому что Солнце здесь восходит гораздо позже, чем в Европе. Разность в показаниях часов на Ямайке и в Нюрнберге как раз и равна разности долгот этих двух мест, выраженной в часовой мере. Другого способа более или менее точно определить долготу вест-индийских городов тогда не было.

Колумб наблюдает лунное затмение.



Колумб стал готовиться к астрономическим наблюдениям на берегу, но туземцы, встретившие мореплавателей с опаской, мешали предварительным наблюдениям Солнца и наотрез отказались снабдить чужестранцев съестными припасами. Тогда Колумб, выждав пару дней, объявил, что этим же вечером лишит островитян лунного света, если они... Конечно, когда затмение началось, испуганные караибы готовы были отдать белому человеку всё, лишь бы тот оставил Луну.

«Чудо» началось в 19 ч по «ямайскому» времени, определённому Колумбом из наблюдений Солнца. Любознательный читатель, поразмыслив, сам определит долготу острова, полученную Колумбом, и даже, сверившись с картой, узнает, на сколько ошибся великий адмирал в измерении долготы.

Во время затмения Луна прячется в тень Земли и, казалось бы, должна каждый раз совсем исчезать из виду, потому что Земля непрозрачна. Так бы и происходило, если бы Земля не имела атмосферы. В действительности же солнечные лучи, касательные к поверхности земного шара, пронизывая атмосферу, рассеиваются и попадают в тень Земли. Сквозь толщу воздуха лучше всего проходят красные и оранжевые лучи, они-то и окрашивают диск Луны в багровый, кирпичный или медный цвет в зависимости от состояния земной атмосферы.

Фотоаппарат (хорошо бы с телеобъективом), заряженный цветной плёнкой, оставит на память о лунном затмении впечатляющие кадры. Начальную стадию затмения снимайте с диафрагмой 8 и выдержкой 1/100 с для плёнки 65 единиц. Когда половина диска Луны окажется в тени, откройте диафрагму до 4. При полном затмении — диафрагма 4, а выдержка 1—5 с в зависимости от темноты окраски Луны.







Смена дня и ночи на Земле

для земного наблюдателя тоже смещается на фоне звёзд — на 1° за сутки. А скорость вращения Земли — 1° в 4 мин. Потому-то она и завершает оборот относительно Солнца с опозданием на 4 мин.

За сутки звёздный и солнечный обороты Земли расходятся на 4 мин, за месяц — на 120 мин, за год — на 24 ч. Так же расходятся и часы, отмеряющие звёздное и солнечное время. В году звёздных суток на одни больше, чем солнечных. И только раз в год, а именно в момент осеннего равноденствия, звёздное время совпадает с солнечным.

Человек живёт днями и ночами, он живёт солнечными сутками. Но в любой обсерватории есть часы, которые идут по звёздному времени — каждые сутки на 4 мин вперёд. Они нужны для организации наблюдений. По нижнему краю звёздной карты проставлены часы и минуты. Это — прямое восхождение светил. Прямое восхождение Сириуса — 6 ч 41 мин. Это означает, что в указанное время по звёздным часам в любой день года Сириус оказывается точно на юге, на меридиане. Взглянув на звёздные часы и на карту, легко сообразить, какие звёзды сейчас удобны для наблюдения.

Часовщик может отрегулировать ваш механический будильник, заставив его спешить на 4 мин в сутки, т. е. идти по звёздному времени. А в ежегодных астрономических календарях

ПАССАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РЁМЕРА

Это было в 1690 году. Уж сорок лет прошло, как Гюйгенс подарил астрономам отличные часы с маятником, а хорошего проверочного инструмента к ним ещё не было. Датчанин Оле Рёмер насадил телескоп на ось, укреплённую по линии запад—восток, так что труба у него вертится только в плоскости меридиана, а меридиан обозначен внутри телескопа вертикальной нитью. За триста лет принцип инструмента не изменился.





«...ДАБЫ ЗА ЧУДО НЕ ПОСТАВИЛИ»

Известие о солнечном затмении насторожило царя Петра. Шла Северная война, шведы нанесли поражение русским под Нарвой. Надо было строить флот, крепости, новую столицу, готовиться к затяжной морской войне, а тут ещё затмение.

«Господин адмирал, — пишет царь Фёдору Головину. — Будущего месяца в первый день (1 мая 1706 г. — *Прим. ред.*) будет великое солнечное затмение. Того ради изволь сие провозгласить в наших людях, что, когда оно будет, дабы за чудо не поставили. Понеже, когда люди про то ведают прежде, то не есть уже чудо».

тям короны, был совершенно спокоен, «горы» не искрились и не переливались. Все три выступа, несколько разные по величине, были видны до последнего момента полной фазы затмения. Но как только прорвался первый луч Солнца, протуберанцы вместе с короной пропали бесследно, и сразу восстановился яркий свет дня». Это явление, так тонко и красочно описанное Бейли, длилось чуть более двух минут.

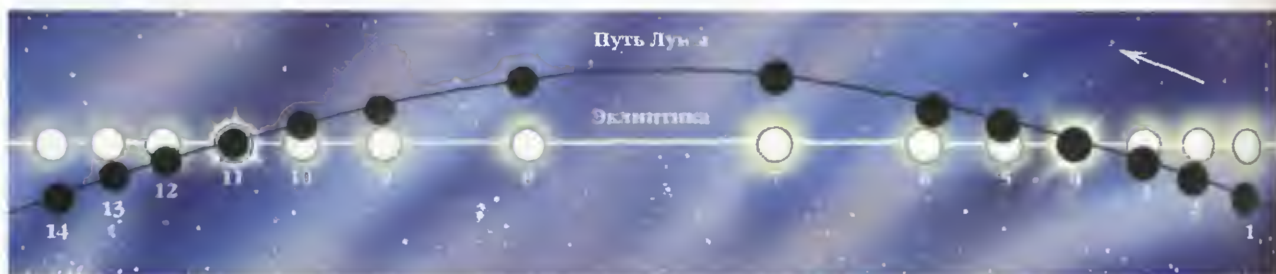
Помните тургеневских мальчиков на Бежином лугу? Павлуша рассказывал о том, как Солнца не стало видать, о человеке со жбаном на голове, которого приняли за антихриста Тришку. Так это был рассказ о том же затмении 8 июля 1842 г.

Но не было на Руси затмения более знаменитого, чем то, о котором повествуют «Слово о полку Игореве» и древние летописи. Весной 1185 г. новгород-северский князь Игорь Святославич с братом Всеволодом, исполнившись ратного духа, пошли на половцев стяжать себе славы, а дружине добычи. 1 мая, ближе к вечеру, как только вступили полки «Даждьбожьих внуков» (потомков Солнца) на чужую землю, затемнело раньше положенного, птицы смолкли, кони ржали и не шли, тени всадников были неясны и странны, степь дохнула холодом. Оглянулся Игорь и увидел, что провожает их «солнце, стояще яко месяц». И сказал Игорь боярам своим и дружине своей: «Видите ли? Что значит знаменье сие?». Они же посмотрели, и увидели, и понурили головы. И сказали мужи: «Князь наш! Не сулит нам добра это знамение!». Игорь же отвечал: «Братья и дружина! Тайна Божия никому неведома. А что нам дарует Бог — на благо нам или на горе, — это мы увидим». В десятый день мая дружина Игоря полегла в половецкой степи, а раненый князь был взят в плен.

В «Слове» реальное затмение превращается в поэтический образ. Действуя «тьмою» против русичей, Солнце предостерегает их от необдуманного похода в степь.

Игоря с дружиной застало в степи частное затмение, когда не всё дневное светило, а около 3/4 его диска были закрыты Луной. А полное затмение в это время прошло через Новгородскую и Суздальскую земли.

Посмотрим на Землю и Луну со стороны, чтобы понять, где и как протекает солнечное затмение. Проходя между Солнцем и Землёй, маленькая Луна не может полностью затенить Землю. Короткая лунная тень притемняет на Земле лишь небольшой кружок. Только здесь можно в этот момент наблюдать *полное затмение Солнца*. Но Луна движется по орбите, и Земля вращается под тенью. Поэтому тень как бы прочерчивает на Земле полосу полного затмения шириной около 100 км. Если теневая дорожка пройдёт от нас в 3—4 тыс. километров или дальше, то мы не увидим никако-



Положения Солнца на эклиптике и Луны на лунном пути в различные новолуния.



Многих может удовлетворить готовый циферблат, вычерченный для широты 56°. Он выполнен в стиле эпохи Коперника. Гномон должен быть сделан из жести или другого прочного материала. Проверьте направление гномона на циферблате, сличив его с рисунком солнечных часов. Эти часы, установленные горизонтально, будут достаточно точно показывать время и на широтах от 60 до 52°. Но им можно придать более точный ход на любой широте. Для этого северную сторону циферблата нужно приподнять, если ваша местность лежит севернее 56°, и опустить, если вы живёте южнее, на соответствующее число градусов. Так, в Санкт-Петербурге (φ = 60°) цифровая доска имеет наклон 4° к югу, а в Харькове (φ = 50°) — 6° к северу. При этом угол наклона гномона к циферблату (56°) не меняется.

Так как шкала циферблата теперь неравномерная, её уже нельзя просто вращать для установки часов. Эти часы показывают истинное солнечное время, отличающееся от того времени, по которому мы все живём. Пересчёт можно выполнить по формулам (см. статью «Местное время»), но проще посмотреть на обычные (не солнечные) часы.

Стенные солнечные часы сделать труднее. Именно такие часы соорудил в родном Вулсторпе школьник Исаак Ньютон. Для установки часов выбирают стену здания, обращённую к югу и незатенённую.

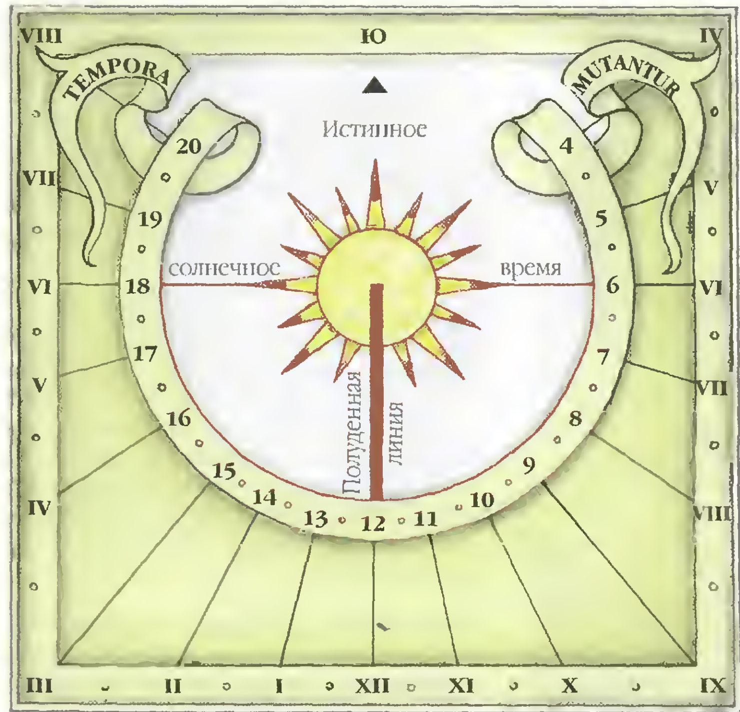
Главное правило установки часов остаётся неизменным: гномон верхним концом, закреплённым в стене, должен быть направлен на Полярную звезду. Сделаем гномон в форме носа. Угол его отклонения от вертикали $\alpha = 90° - \varphi$. Но нос этот торчит из стены не прямо, он ещё свёрнут набок вдоль полуденной линии.

Порядок действий таков: вырезаем жестяной нос-гномон с углом α вверху и волнистой линией ноздрей внизу. Длина гномона зависит от размера часов и составляет 15—30 см. Не забудьте обдумать способ его крепления к циферблату или прямо к стене.

Далее делаем навесной экран часов или используем под циферблат гладкую поверхность стены. Крепим гномон к стене, проверяя вертикальность его основания по отвесу.

От гномона вниз прочерчиваем отвесную линию.

В ближайший ясный день в момент истинного полдня отгибаем пластину гномона у основания вбок и так, что-



Циферблат солнечных часов для широты 56°.

РАСЧЁТ ЦИФЕРБЛАТА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЧАСОВ

Истинное солнечное время, ч		Величина угла между часовой и полуденной линиями для широты 66°	60°	56°	52°	48°	44°
13	11	14°	13°	13°	12°	11°	11°
14	10	28°	27°	26°	24°	23°	22°
15	9	42°	41°	40°	38°	37°	35°
16	8	58°	56°	55°	53°	52°	51°
17	7	74°	73°	72°	71°	70°	69°
18	6	90°	90°	90°	90°	90°	90°
19	5	106°	107°	108°	109°	110°	111°
20	4	122°	124°	125°	127°	128°	129°
21	3	138°	139°	140°	142°	—	—



ПОЛНОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 7 АВГУСТА 1887 ГОДА

...Но вот последняя ничтожная искорка солнца исчезла. Она как-то порывисто, будто вырвавшись с усилием из-за тёмной заслонки, сверкнула ещё раз золотым брызгом. И вместе с этим пролилась на землю густая тьма. Фигуры людей слились в одну тёмную массу.

Это не была обыкновенная ночь. Нигде не было синевы. Казалось, тонкий, неразличимый для глаза пепел рассыпался сверху над землёй. Круглое, тёмное враждебное тело, точно паук, впилось в яркое солнце. Какое-то сияние, льющееся изменчивыми переливами из-за тёмного щита, придаёт зрелищу движение и жизнь.

(В. Г. Короленко. На затмении. 1887 г.)



Участники экспедиции на наблюдении полного солнечного затмения в 1887 г.



Частная фаза затмения 7 августа 1887 г.

но точно датировать события, произошедшие в день и год затмения.

Хотя в целом на Земле солнечные затмения случаются чаще, чем лунные, в какой-то определённой местности полные затмения Солнца наблюдаются крайне редко: в среднем раз в 300 лет. Например, за всю историю Москвы её «посетили» четыре полных солнечных затмения: в 1140, 1450, 1476 и 1887 гг. Следующее полное затмение москвичи увидят 16 октября 2126 г. Астрономические календари публикуют карты полосы полного затмения и прилегающих зон частного затмения. Так что специалисты и астрономы-любители могут «не ждать милости от природы», а заранее выбрать удобное место для экспедиции.

Полное затмение — лучшее время для изучения солнечной атмосферы: серебристой короны и более низкого слоя — красной хромосферы, над которой вздымаются огненные фонтаны протуберанцев. Правда, астрономы ухитряются всё это видеть и в обычный солнечный день, устраивая заслонку солнечному диску прямо в трубе телескопа.

Для фотографирования солнечного затмения полезно иметь два фотоаппарата. Один — для съёмки частных фаз затмения, когда надо запечатлеть ослепительный солнечный серп. Этот аппарат зарядите низкочувствительной (2 единицы) позитивной плёнкой или фотопластинками; объектив прикройте красным фильтром. Съёмку следует вести с диафрагмой 8 и выдержкой около 1/100 с. Пробные снимки можно сделать в любой солнечный день. Количество кадров и моменты съёмки фаз рассчитайте заранее, исходя из того, что Луна надвигается на Солнце целый час.

Другой аппарат зарядите плёнкой с чувствительностью, близкой к 65 единицам, и при диафрагме 8 последовательно снимайте с выдержками 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2 с. На ка-





ЧАСЫ СТРАСБУРСКОГО СОБОРА

Часы Страсбургского собора были чудом средневековой техники. Они были установлены в 1354 г. и несколько позже соединены с колоколом, отбивавшим каждый час. На часах кроме циферблата со стрелкой размещался ещё целый планетарий: вращающееся звёздное небо, вечный календарь, зодиак с перемещающимися по нему планетами. Но это был и механический театр. В полдень перед фигурой Богоматери с Младенцем склонялись трое волхвов, играли маленькие механические цимбалы, а петух подскакивал, кукарекал и бил крыльями. И всё же это была большая заводная игрушка. У часов не было ещё точного маятникового регулирования хода, и их приходилось периодически поправлять по солнечным часам.

многих других причин. Отсюда следует первое правило Флемстида: часы надо регулярно проверять, желательно раз в сутки в одно и то же время.

Раньше астрономы это делали по звёздам, переводя потом звёздное время в среднее солнечное (см. статью «Местное время»), по которому и идут часы. Теперь они пользуются специальными сигналами времени, более точными, чем звуковые сигналы по радио или часы на телеэкране: астрономам нужна точность до тысячных долей секунды. Астрономам-любителям для большей части наблюдений достаточна точность порядка 1 с.

Правило второе: проверять — это не значит подводить каждый день стрелку часов. Смысл в том, чтобы изучить их «нрав» и «повадки», определяя поправку часов и занося её в журнал наблюдений.

В момент сигнала точного времени T следует записать показания часов T_1 с точностью до секунды. Ещё лучше, если удастся уловить 1/2, 1/3 или 1/4 с. Далее вычисляется поправка часов. *Поправка часов* — это та величина, которую надо прибавить к показаниям часов, чтобы получить точное время. В рассматриваемом примере (см. таблицу) часы отстают и их поправка имеет знак «плюс». У спешащих часов поправка отрицательная.

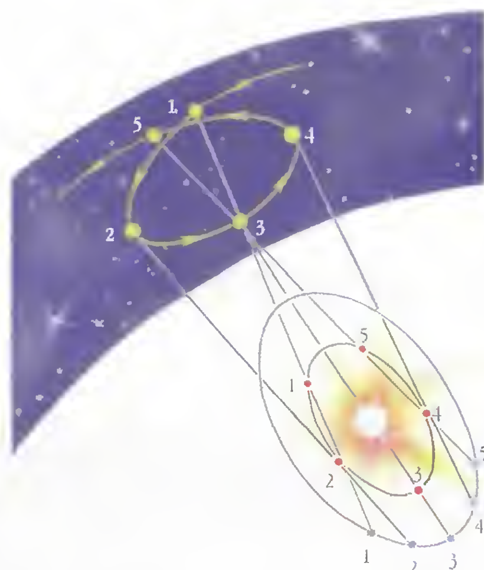
Правило третье: нужно изучить суточный ход часов и его вариации. За сутки с 26 по 27 января часы отстали

ИСПЫТАНИЕ ХОДА ЧАСОВ

Дата	Точное время время проверки T	Показание часов T_1	Поправка часов U	Суточный ход ϖ	Вариации суточного хода δ
26 янв.	18 ч 00 мин 00 с	17 ч 57мин 00,5 с	+ 2 мин 59,5 с	—	—
27 янв.	»	17 ч 56 мин 59,3 с	+ 3 мин 00,7 с	+1,2 с	-0,3 с
28 янв.	»	17 ч 56 мин 58,7 с	+ 3 мин 01,3 с	+0,6 с	+0,3 с
30 янв.	»	17 ч 56 мин 56,8 с	+3 мин 03,2 с	+1,0 с	-0,1 с
31 янв.	12 ч 00 мин 00 с	11 ч 56 мин 56,2 с	+3 мин 03,8 с	+0,8 с	+0,1 с
				+0,86 с	±0,2 с

Запись в журнале наблюдений. Определение поправки часов.





Петлеобразное движение нижних планет.

щающий его, оказался божественным посланником» — так писал знаменитый французский популяризатор астрономии Камилл Фламмарион в своей книге «Популярная астрономия».

Движение планет среди звёзд выглядит более сложным, чем перемещение Солнца и Луны. Двигаясь в том же направлении, что и наши главные светила, через некоторое время планета замедляет ход, затем останавливается, смещается в обратном направлении и после очередной остановки снова меняет направление движения на первоначальное. Движение с запада на восток называется *прямым*, с востока на запад — *попятным*, а моменты смены направления — *стояниями*. Если нанести этот путь на карту, получится *петля*.

Есть некоторое различие в движении Венеры и Меркурия, которые расположены ближе к Солнцу, чем Земля, и называются *нижними* планетами, и остальных планет, именуемых *верхними*. Следует присмотреться к этим петлям повнимательнее.

Венера сначала движется среди звёзд в ту же сторону, что и Солнце, но быстрее его. Она обгоняет дневное светило и начинает удаляться от него к востоку. В такие периоды она находится на небе левее Солнца и видна по вечерам после его захода за горизонт. Впрочем, Венера — самое яркое светило нашего неба после Солнца и Луны. Она бывает видна на голубом небе и до захода Солнца. Очень далеко от Солнца Венере «не убежать», наибольшее возможное угловое расстояние между ними составляет 47°. Достигнув максимального удаления, Венера останавливается, затем начинает двигаться в обратную сторону, сближаясь с Солнцем. Она исчезает в лучах дневного светила, а затем, продолжая попятное движение, появляется уже справа от него и перемещается к западу. Теперь она видна на небе уже по утрам, перед восходом Солнца. Удалившись (опять-таки не более чем на 47°) к западу от Солнца, Венера снова проходит стояние, после которого начинает прямое движение, сближаясь с Солнцем, исчезая в его ярком блеске и появляясь опять слева от него.

Подобным же образом перемещается и Меркурий. Разница в том, что размах его удалений от Солнца меньше: он не превосходит 28°. Поэтому Меркурий трудно наблюдать на небе: он постоянно находится где-то недалеко от Солнца и скрывается в его слепящих лучах. Лишь в моменты наибольших удалений он виден либо на западе после захода Солнца, либо на востоке до его восхода.

Другая картина получится, если следить за движением верхней планеты, например Марса. Допустим, в данный момент Марс находится в той же стороне неба, что и Солнце, и не виден в его лучах. При этом он движется среди звёзд в ту же сторону, что и Солнце (с запада на восток), но медленнее его, постепенно отставая. Таким образом, он удаляется всё дальше и дальше на запад от дневного светила, и его можно наблюдать в утренние часы перед восходом Солнца. Расстояние между Марсом и Солнцем на небе растёт, наконец он оказывается в противоположной Солнцу стороне неба и виден почти всю ночь. Именно в это время наступает стояние, сменяющееся попятным движением, ещё одним стоянием и снова прямым движением, теперь уже приближающим планету к Солнцу на небе. Далее всё повторяется.



вившимися всё точнее. Для достижения более высокой точности их прятали в подвалах обсерваторий, оберегая от колебаний температуры, помещали под колпаки барокамер, предохраняя от атмосферных изменений, изобретали хитроумные маятники, практически не менявшие своей длины, и подвесы почти без трения. Часы, подобно современным авиалайнерам, гордо носили имена своих конструкторов: Дент, Рифлер, Леруа. А конструкторы между тем, совершенствуя маятник и подвес, выбрасывали из детища Христиана Гюйгенса (это он в 1657 г. изобрёл маятниковые часы со спусковым механизмом) всё подряд: кукушку, гири с цепями, все колёсики — включая главное спусковое колесо и даже циферблат со стрелками — пока от часов не остался только маятник под колпаком с электромагнитами, батарейкой и проводами. Провода шли к циферблату, находившемуся в верхнем помещении обсерватории. Эти «остатки» часов, появившиеся в 1925 г., назывались часами Шорта и имели колебания хода ± 0,002 с в сутки (обычно пишут: $2 \cdot 10^{-3}$ с). Последним усовершенствованным маятником были часы Федченко, созданные в 1954 г., их точность составляла $3 \cdot 10^{-4}$ с.

Впрочем, часы Федченко появились на свет слишком поздно. В 1939 г. из часов была выброшена главная деталь — механический маятник. С этого года в обсерваториях стали использоваться кварцевые часы. В них роль маятника, т. е. регулятора хода, выполняет кварцевая пластинка, вырезанная из цельного кристалла. Если к ней подвести электрический ток, она начинает колебаться с заданной частотой. Хорошие часы, управляемые кварцевой пластинкой, имеют вариации хода 10^{-4} — 10^{-6} с в сутки. У кварцевых часов, повысивших точность астрономических измерений в 100 раз, есть свой недостаток. Кварцевая пластинка со временем стареет, и это ведёт к неуклонному замедлению хода часов примерно на 10^{-6} с в сутки.



Схема кварцевых часов.

Кварцевые часы царствовали в астрономии 20 лет, в 60-е гг. их сменили атомные. В них в роли маятника выступают атомы цезия, они излучают кванты энергии, соответствующие строго определённой частоте колебаний. Отклонение хода у атомных часов 10^{-10} — 10^{-11} с в сутки. Но и у них есть свой недостаток: они не могут идти непрерывно. Работая в паре с кварцевыми часами, атомные часы подобны камертону: цезиевый генератор время от времени даёт настрой кварцевым часам, а кварцевый резонатор сохраняет уточнённое время до следующего включения атомного камертона. Придуманы и опробованы настроечные часы с другими атомами-маятниками: водородные, рубидиевые, но цезиевые атомные часы пока остаются главными.

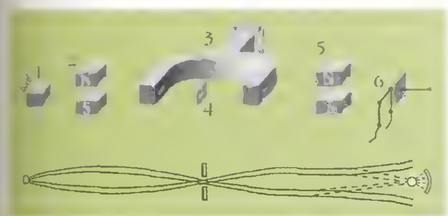
Вникнуть в устройство атомных часов труднее, чем понять, как идут ходики. Современные сверхточные часы — сложные электронные приборы. Астрономы должны уметь грамотно пользоваться ими при наблюдениях за небом... и за Землёй тоже.



Астрономические маятниковые часы.

ВРАЩАЕТСЯ ЛИ ЗЕМЛЯ РАВНОМЕРНО?

Веками с вращением Земли люди сверяли ход часов. Когда были созданы часы с фантастически равномерным ходом, появилась возможность



◄ Схема атомных часов:
1 — источник,
2 и 5 — магниты,
3 — волновод,
4 — коллиматор,
6 — детектор.





ВРЕМЯ, ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ

ЧТО ТАКОЕ ВРЕМЯ?

…Ход времени необратим.



Всем ясен смысл слова «время», когда спрашивают: «Сколько времени?». Но что содержит в себе понятие «время», на этот вопрос ответить нелегко. И во все времена на него отвечали по-разному. Для Платона время — божественная вечность, разделённая небесными телами на дни, месяцы, годы; Аристотель видел во времени число, меру движения и покоя; а Альберт Эйнштейн пишет о времени как о физической реальности, меняющей свой бег вследствие движения тел. Это уже не единое Время, а времена!

В самом общем виде можно сказать, что время — это порядок непрерывной череды сменяющих друг друга явлений, порядок постоянно изменяющихся состояний физических тел, Вселенной — бытия. Время — это длящееся бытие, живущий мир.

Главное свойство времени состоит в том, что оно длится, течёт непрестанно. Оно безостановочно. Астроном, физик, любой другой специалист (да и неспециалист) работают со временем «на лету» — фотографируют некое явление, регистрируют спектр вспышки, или ливень какихлибо частиц, или всплеск на мониторе радиотелескопа. «Остановись мгновенье!» — говорят они вслед за доктором Фаустом. И при этом всегда отмечают с предельно доступной точностью моменты наблюдения: время начала и окончания явления или его продолжительность. Без пометки времени любой готовый результат астрономического наблюдения — рисунок, фотография, регистрограмма самописца — не имеет практически никакой научной ценности. И наоборот, возрастающая точность измерения времени одних и тех же явлений природы иногда приводит к новым открытиям.

Время неостановимо. Его можно замедлить для экипажа, для вещей, летящих в космическом корабле с



КУПОЛ-ГНОМОН

«Поистине кажется, что купол вступает в единоборство с небом, когда видишь, как он вздымается в такую высь, что горы, обступившие Флоренцию, кажутся ему равновеликими. И небо завидует куполу, и молнии постоянно его поражают». Так писал Джорджо Вазари, итальянский художник, автор «Жизнеописаний наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих», о куполе собора Санта Мария дель Фьоре (Святой Марии с Цветком) во Флоренции знаменитого зодчего и инженера Филиппо Брунеллески. Купол мастера Пиппо — одно из самых грандиозных созданий эпохи Возрождения и самый большой в мире рабочий гномон. Купол завершает фонарь, заострённый подобно египетским обелискам и увенчанный двухметровым шаром. Высота центра шара (и соответственно гномона) составляет 111 м над уровнем площади. На черепичные крыши Флоренции легла тень от купола и шара, простирающаяся к северо-востоку на сотни метров. (Левее — тень от колокольни.) Шар нужного ему диаметра, возможно, выпросил у зодчего Пиппо его друг астроном и математик Паоло Тосканелли. Пользуясь шаром как заслонкой, он методом затмения Солнца проводил с помощью этого гномона наблюдения, связанные с определением дней равноденствия и продолжительностью года, без которых будущая реформа календаря была бы невозможна.

Посчитайте, на каком расстоянии от купола угловые размеры шара и Солнца будут одинаковы.

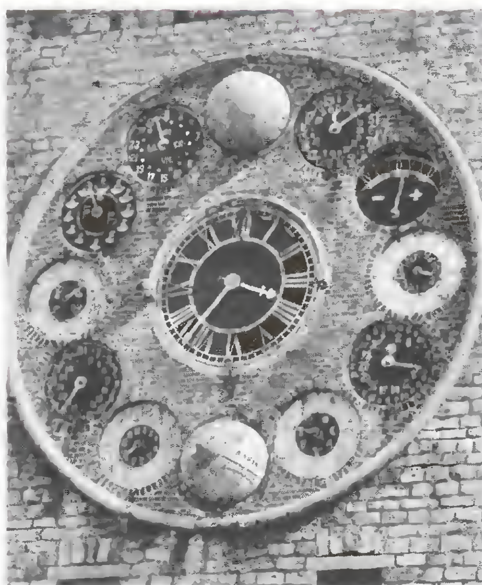
И ещё. Вы не подскажете, который час на улицах этого чудесного города?



России в 15 км к востоку время на 1 мин больше. Когда в Москве полдень, во Владимире местное время 12 ч 11 мин 12 с, а в Можайске полдень наступит через 6 мин.

В московском метро, например, между станциями Молодёжная и Щёлковская разница в местном времени 91 с, а расписание поездов составлено с точностью до секунды. Естественно, что транспортная система должна жить по единому времени. Поэтому движение поездов через все станции России происходит по московскому времени.

Астрономический календарь в сущности то же расписание движения. Например, движения земной тени по Луне во время лунного затмения. Для всех наблюдателей на Земле оно начинается одновременно, но по



На городской башне фламандского города Лира расположены часы с 13 циферблатами. Они показывают время на всех континентах, лунные фазы, положение звёзд относительно горизонта и другие данные закономерных явлений природы.



новые горы, погибли динозавры, возникли новые виды животных и растений, появился человек. Конечно, за следующие 215 млн лет Земля опять изменится столь же неузнаваемо. А с другой стороны, сколь ничтожно воздействие Вселенной на электрон за время его витка вокруг ядра атома. Вращательные и колебательные процессы в микромире более стабильны, чем в мире небесных тел.

Периодические процессы в природе — это шаги времени. Без них отмерять время было бы очень трудно. Повторные явления укладывают нить времени витками. Время становится спиралью, оно становится счётным.

В тот день, когда в 1589 г. Галилео Галилей, стоя на молитве в Пизанском соборе, понял, что качания люстры собора всегда одинаковы по времени независимо от величины размаха, изобретение часов с маятником было обеспечено; а с ними расцвели механика и астрономия Нового времени. Вот что такое периодические явления!

Ну а раньше? Человек измерял время мгновением ока (0,1—0,3 с), ударом сердца (0,4—1 с) и другими естественными «часами». Важнейшими же отрезками жизни были сутки, месяц и год.

Суточному ритму подчиняется всё живое на Земле, природа наградила нас часами задолго до изобретения маятника. Биологические часы определяют биение сердца, ритм дыхания, сна и бодрствования. Они будят нас утром не менее точно, чем будильник. В человеке, в животных и растениях природой заложен и биологический календарь, обеспечивающий годовой и месячный ритмы активности, роста, плодоношения, опадания листвы и линьки. Сутки, месяц и год «встроены» внутри человека вместе с «весенним настроением» или «лунной бессонницей». Это — страницы жизни человека, они скреплены его повседневной и ежегодной хозяйственной деятельностью, освящены вековой календарной традицией.

И ещё очень важно: научное знание строится на отыскании и сравнении сходных предметов и явлений, с тем чтобы можно было предсказать их поведение в будущем. Сначала человек наблюдал простейшие, самые заметные периодические явления природы: суточное вращение звёздного неба, месячное движение Луны и годовое движение Солнца по созвездиям. И когда человек впервые сказал, что за ночью обязательно придёт день, а за зимой — весна, он предсказал будущее. Он не гадал, а именно предсказал. После этого первого «научного успеха» люди принялись изучать другие повторяющиеся явления: фазы Луны, затмения Луны и Солнца, конфигурации планет — это и стало началом астрономии. Небо охотно демонстрировало свои «коловращения», на небе они видны чаще и чище, чем на Земле, потому-то астрономия — древнейшая среди наук.

Наблюдение небесных повторов оказало сильнейшее воздействие на мировоззрение человека. Но древний человек увидел в спирали времени только замкнутую круговерть — кольцо. Время — это змея, глотающая свой хвост. «Восходит солнце, и заходит солнце, и спешит к месту своему, где оно восходит... Что было, то и будет; и что делалось, то и будет делаться, и нет ничего нового под солнцем»



Гномоны-обелиски царицы Хатшепсут в Карнаке. Египет.



на с долготой 0°, 15°, 30°, 45° и т. д. На каждом из этих меридианов местное время отличается от всемирного на целое число часов, а минуты и секунды совпадают с гринвичскими. От каждого из этих меридианов отмерили влево и вправо по 7,5° и провели там границы часовых поясов. На территории такой «мандариновой дольки» время всюду одинаковое и отличается от соседних поясов ровно на час.

Нулевой часовой пояс лежит по обе стороны от Гринвичского меридиана. В этом поясе, называемом также западноевропейским, живут по всемирному времени. Восточнее расположен первый пояс среднеевропейского времени. По среднеевропейскому времени живёт Калининградская область России. Второй часовой пояс называется восточноевропейским. Россия лежит в границах 12 часовых поясов. В системе поясного времени, принятой во всём мире, кроме Саудовской Аравии, все часы показывают одинаковые минуты и секунды, а часовая стрелка при пересечении границы пояса переводится ровно на час вперёд или назад в зависимости от направления движения. Если бы границы часовых поясов проходили точно по заданным меридианам, то Москва оказалась бы сразу в двух поясах — во втором и третьем, и часы надо было бы переводить то туда, то обратно каждый раз при перемещении из одного района города в другой. Поэтому для удобства реальные границы часовых поясов провели по границам государств и областей, по рекам и горным хребтам.

Итак, даже Москва со своим «московским временем» живёт не по собственному местному времени, а по времени меридиана 30° восточной долготы, проходящего через середину второго часового пояса. На этом меридиане расположены Сестрорецк, Луга, Дно, Невель, в которых солнечный полдень всегда был на полчаса позже, чем в Москве. Так что это время правильнее называть «лужским» или «невельским».

Следом за средним и поясным временем человек придумывает всё новые удобные ему времена. Известна, например, склонность людей позже ложиться спать и позже вставать. Может быть, перевести все часы в государстве на час вперёд? Человек увидит, что на часах уже восемь, и встанет охотнее, чем если бы они показывали семь утра. Так появилось зимнее время. В России зимой наши часы поставлены на час впереди поясного времени. (Многие об этом не догадываются, потому что это сделано давно, 16 июня 1930 г.) А в конце марта россияне переводят стрелку на час вперёд (ещё на один час!) и до конца октября живут по летнему времени, с ноября же опять начинается зимнее время.

КАК РАССЧИТАТЬ МЕСТНОЕ ВРЕМЯ

Существует единое время для всей Земли — всемирное время UT (*англ.* Universal Time). Для каждой местности России, находящейся на долготе λ, можно указать местное истинное солнечное время $T_и$; местное среднее солнечное время MT; поясное время $T_п$; сезонное зимнее время $T_з$; сезонное летнее время $T_л$; местное звёздное время S. Вот формулы для тех, кому необходимо перевести одно время в другое:

$MT = T_и + \eta$,
$MT = UT + \lambda$,
$T_п = UT + n$,
$T_з = UT + n + 1$ ч,
$T_л = UT + n + 2$ ч,
$S = s + MT$ (приближённо),

где η — уравнение времени (см. статью «Солнечные часы»); n — номер часового пояса; s — звёздное время в гринвичскую полночь (таблица звёздного времени приводится в астрономических календарях).

Интересно вычислить, когда по летнему или по зимнему времени у вас наступает реальный полдень. Например, долгота Москвы λ равна 2 ч 30 мин. Средний солнечный полдень — это 12 ч по местному времени (MT). По мировому времени ему соответствует UT = 12 ч — 2 ч 30 мин = 9 ч 30 мин, по московскому зимнему времени — 12 ч 30 мин, по московскому летнему времени — 13 ч 30 мин.

КАКОЙ СЕГОДНЯ ДЕНЬ В ВАШИХ КРАЯХ?

С таким вопросом обратился благородный рыцарь Антонио Пигафетта, участник и историограф экспедиции Фернана Магеллана, к жителям остро-





δ Большой Медведицы Мегрец («корень хвоста») помогает определить звёздное время. Отсчёт идёт от точки севера (под Полярной), против часовой стрелки, а «стрелкой» служит линия Полярная — Мегрец.

ЗВЁЗДНЫЕ И СОЛНЕЧНЫЕ СУТКИ

Попробуйте сами определить продолжительность оборота Земли. Для этого смастерите визир-прицел из двух гвоздей, вбитых в доску, и установите его на штативе.

Наведите возможно точнее визир на любую звезду, зафиксируйте его положение и, отметив и непременно записав время начала наблюдений, оставьте прибор неподвижным на сутки. Вместо визира с ещё большим успехом можно использовать телескоп или зрительную трубу, так же надёжно закреплённые. Через сутки Земля, сделав оборот вокруг оси, сама нацелит визир на ту же звезду.

«Что же тут определять? — скажет эрудированный читатель. — Визир вернётся к звезде через двадцать четыре часа». Но астрономию чаще двигали вперёд Наблюдатели, чем Эрудиты. Пронаблюдайте возврат звезды. «Ну и что! — скажет Наблюдатель. — По моим часам звезда вернулась через двадцать три часа пятьдесят шесть минут, то есть почти двадцать четыре часа». И только Упорный Наблюдатель (не спеша умозаключать!) сверит ход своих часов, проведёт несколько повторных наблюдений с разными звёздами, пока не сделает — с помощью будильника и пары гвоздей — сенсационное открытие: Земля делает оборот вокруг оси не за 24 ч, как написано во многих книжках, а за 23 ч 56 мин! Об этом можно рассказывать всем, потому что это истина.

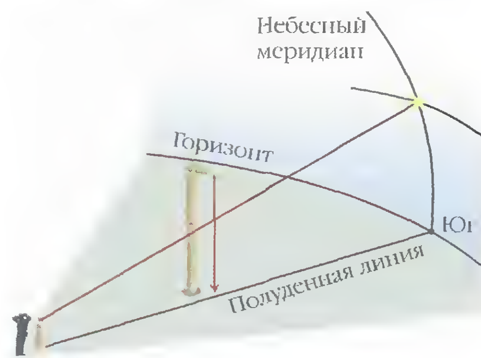
Мы сделали всё правильно. Мы мерили время оборота нашей планеты относительно очень далёких небесных тел — звёзд, которые за сутки никак не могли заметным образом изменить своё положение на небосводе. Вот если бы мы измерили с помощью визира время оборота Земли относительно Луны, то получили бы «сутки», равные 24 ч 49 мин. Ведь пока наша планета совершала свой оборот (23 ч 56 мин), Луна тоже забежала вперёд по орбите вокруг Земли, и вдогонку Луне Земля будет «доворачиваться» ещё 53 мин.

Но что же это за сутки — 23 ч 56 мин? И что тогда показывают обычные часы? И откуда 4 мин разницы? Назовём сутки, измеренные по звёздам, *звёздными*, так же как мы вправе ввести понятие «лунные сутки Земли» — 24 ч 49 мин, хотя такого термина сейчас в науке нет. И снова перейдём к наблюдениям, на сей раз за Солнцем.

Днём на Солнце в визир не посмотришь. Гвоздь без шляпки, вбитый в доску строго вертикально и установленный на подоконнике, вполне заменит нам величественные египетские гномоны-обелиски. На доске-экране проведём от основания гномона луч-стрелку и в 12 или 13 ч по своим рабочим часам повернём подставку так, чтобы стрелка легла вдоль тени гномона. Дальнейшие наблюдения за тенью в течение суток покажут: интервал между двумя полуднями составляет 24 ч.

Мы провели не очень точные, упрощённые наблюдения, которые тем не менее позволили нам приобщиться к астрономическим исследованиям и наглядно убедиться, что есть звёздные сутки — это время полного оборота Земли в пространстве, а есть *солнечные сутки* — время оборота планеты относительно центра Солнца.

Солнечные сутки подобны «лунным». Вследствие движения вокруг Земли Луна каждые сутки смещается на фоне звёзд на 13°, и Земля доворачивается до полного оборота относительно Луны ещё 53 мин. Вследствие движения Земли вокруг Солнца оно



Проверка хода звёздных часов с помощью нитяного пассажного инструмента. При наблюдениях нить отвеса и столбик с визирным отверстием обозначают небесный меридиан. Звёздное время равно прямому восхождению звезды, проходящей верхнюю кульминацию: $S = \alpha$.



ца, открывающая новую дату и день недели. Она была проведена только в XIX в.

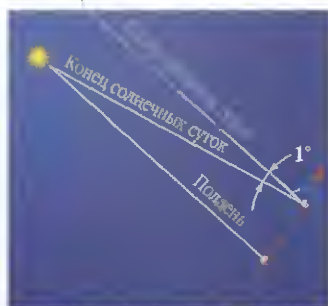
Международная линия смены даты проходит через Берингов пролив между островами Тихого океана от полюса до полюса.

В Беринговом проливе есть два острова: остров Ротманова, самая восточная точка России, и в 12 км к востоку — остров Крузенштерна, территория США. Между ними проходят государственная граница и линия смены даты. На острове Ротманова зимнее время на 13 ч впереди всемирного, на острове Крузенштерна — на 11 ч позади. Следовательно, на обоих островах часы постоянно показывают одинаковое время, они находятся в одном часовом поясе, а разница в дате составляет всегда целые сутки. В полночь, естественно, дата меняется и там, и там, но на русском острове по-прежнему остаётся на сутки впереди.

По международным правилам, если человек пересёк границу смены дат с запада на восток, то он, гостя, например, в Америке, до конца суток будет жить по своей старой дате, а следующие сутки по той же дате уже вместе с американцами. Если в пятницу вечером с острова Крузенштерна отправиться на оленях на остров Ротманова, а потом в российское воскресенье снова вернуться в Штаты, у вас будет три выходных в неделю.

Отыщите на карте эти волшебные острова. Там 104 воскресенья в году!





Солнечные сутки примерно на 4 мин длиннее звёздных из-за того, что Земля одновременно вращается вокруг оси и обращается вокруг Солнца. Поэтому для нового появления Солнца на меридиане Земле необходимо повернуться вокруг оси чуть больше одного раза.

есть таблица «Звёздное время в среднюю полночь», позволяющая правильно поставить стрелки ваших звёздных часов.

Астрономы сверяют звёздные часы со звёздами. Делается это с помощью пассажного инструмента — телескопа, особым образом укреплённого. Зрительная труба может быть повёрнута только вокруг горизонтальной оси, а ось закреплена в направлении запад—восток. Таким образом, инструмент поворачивается от точки юга через зенит и полюс мира к точке севера, т. е. он отслеживает небесный меридиан. Вертикальная нить в поле зрения трубы служит отметкой меридиана. Выбирают для наблюдения звезду, узнают по каталогу её прямое восхождение. В момент прохождения звезды через меридиан (в верхней кульминации) звёздное время равно её прямому восхождению.

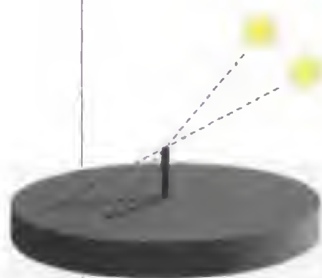
СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ

Часы — это инструмент, с помощью которого можно разделить сутки на маленькие промежутки времени и сделать эти промежутки видимыми.

Иоганн Литтров. Тайны неба. 1834 г.

Стоящие часы не всегда испорчены...

Козьма Прутков



Гномон.

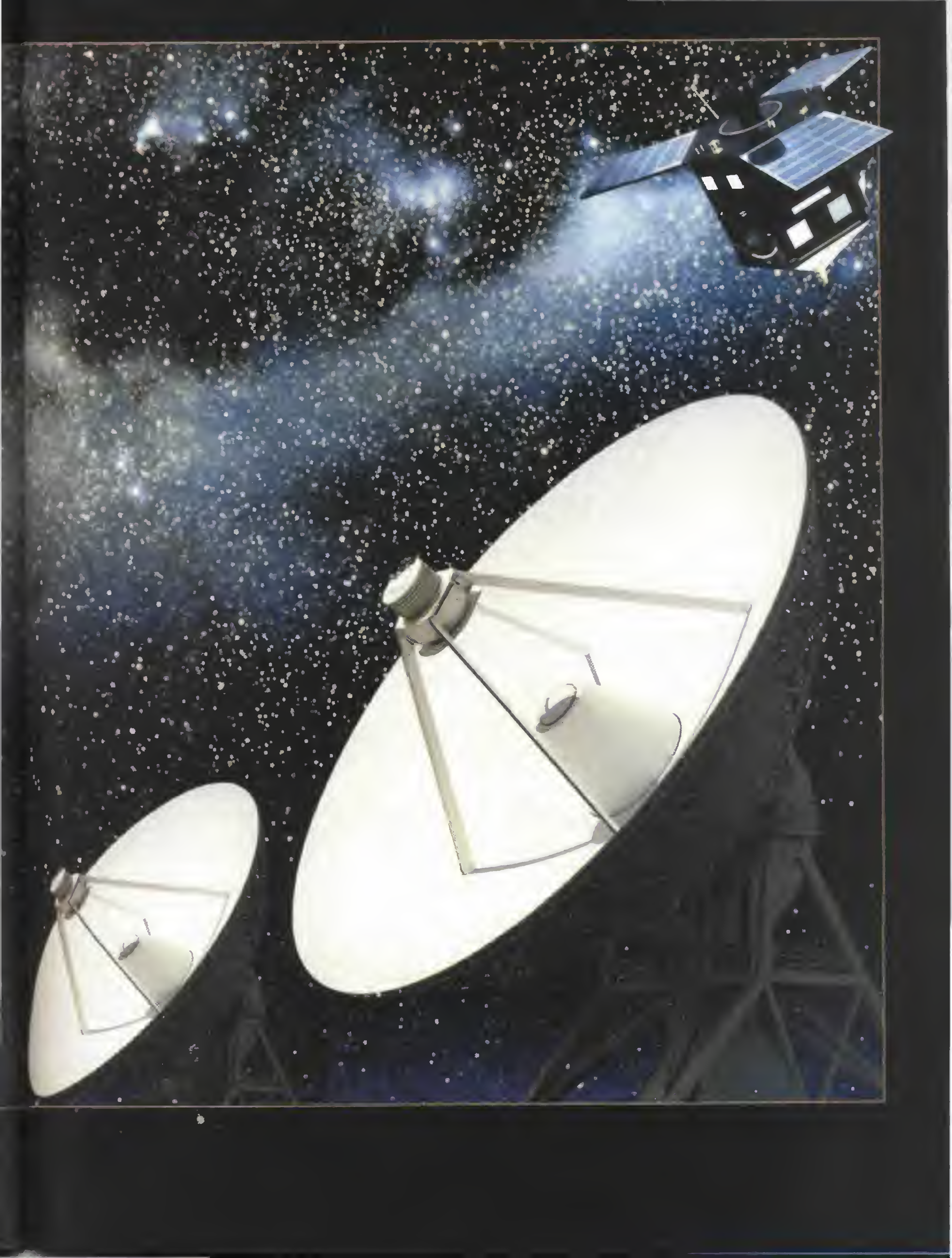
Древнейшими солнечными часами был гномон — вертикальный стержень на ровной площадке, служившей циферблатом. На циферблате имелась только одна отметка — прямая линия к северу от столба, куда тень падает в полдень. Экран гномона можно разбить на часы, но все часы дня будут иметь разную продолжительность, и, кроме того, день ото дня длительность такого «часа» тоже будет меняться.

Чтобы гномон всегда показывал время правильно, его надо наклонить в направлении земной оси, т. е. на Полярную звезду. Абсолютно все солнечные часы в мире северным концом стержня обращены к Полярной, а южным (у нас нижним) — к созвездию Октанта, где находится южный полюс неба (но нет другой Полярной звезды). Такое усовершенствование гномона предпринял грек Анаксимен Милетский, около 530 г. до н. э. построивший в спартанской столице Лакедемоне солнечные часы.

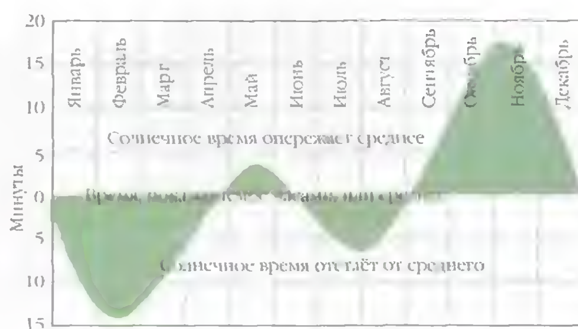
С той поры более двух тысячелетий этот прибор оставался главным измерителем времени. Солнечные часы, сооружённые на площадях древних и средневековых городов, размеряли жизнь горожан, а в парках и садах служили забавным и поучительным украшением. Чаще всего их устанавливали либо на тумбе с горизонтальным циферблатом, либо на стене здания — это были вертикальные солнечные часы. В Средние века часам иногда придавали весьма неожиданный вид. Представьте: на площади стоит, опираясь на косу, костлявая старуха-смерть, а наклонённое древко косы — оно же гномон горизонтальных часов — напоминает смертным, что время неумолимо...

Обычно на циферблате отмечали только часы. В Средние века лишь астрономы для своих нужд делили часы на минуты. В повседневной жизни минуты значения не имели.

В XV—XVI вв. пользовались карманными солнечными часами. Когда крышку коробочки поднимали, между ней и донцем натягивался наклонный шнурок-гномон. На донце — горизонтальный циферблат, а на крышечке — вертикальный. Встроенный компас позволял развернуть гномон к северу, а миниатюрный отвес — держать коробочку горизонтально. Тень гномона показывала время сразу на



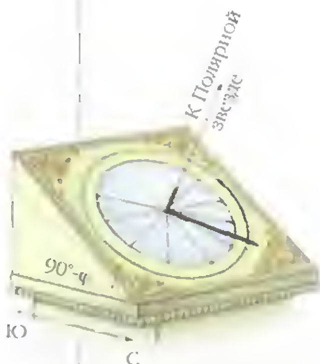




Уравнение времени.

«выравненное» время, по которому мы живём, называется *средним солнечным временем*.

Ход солнечных часов можно уточнить, пересчитать, используя график *уравнения времени*. На графике по горизонтали отложены месяцы года, а по вертикали мы узнаём, сколько минут надо прибавить или отнять от показаний солнечных часов, от *истинного солнечного времени*, чтобы получить среднее солнечное время.



Экваториальные солнечные часы.

СТРОИМ СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ

Проще всего самому соорудить экваториальные солнечные часы. Они называются так потому, что плоскость их циферблата параллельна плоскости небесного экватора. На пластине 15 × 15 см начертите круг. Разделите его на 24 ч (1 ч — 15°). Затем расставьте метки времени.

Подставка, на которой укрепляется циферблат, должна быть наклонена к северу в соответствии с географической широтой места (φ), где вы устанавливаете часы. Угол наклона подставки $\alpha = 90° - \varphi$. Например, для Углича ($\varphi = 58°$) это составит $90° - 58° = 32°$.

Если вы хотите установить часы на долгое время, то можно сразу под открытым небом соорудить наклонный циферблат: под нужным углом гладко отпилить пень или на верхушку столбика прибить дощечку. Позаботьтесь и о том, чтобы дождь и солнечные лучи не повредили экран и не стёрли метки. Нетрудно сделать и переносные часы на подставке в виде наклонной призмы.

Горизонтальные часы в стиле эпохи Коперника.



В центр циферблата вбивается, вклеивается, вворачивается (как кому нравится) стержень-стрелка, который с древнейших времён и по сей день называется гномоном. Для циферблата 15 × 15 см высота гномона может быть 3—5 см, а толщина 2—3 мм. Требований к гномону два: он должен быть перпендикулярен циферблату и наклонён точно на север. Перпендикулярность проверяем угольником, а направление север — юг, т. е. направление меридиана, можно приблизительно определить по компасу, а точно — с помощью вертикального гномона.

Теперь нужно выставить время. Задача упростится, если циферблат накладной, а гномон служит осью его вращения. Не сбивая направление гномона, разверните циферблат вокруг стержня, чтобы его тень показала точное время по каким-то сверенным часам. После такой сверки циферблат нужно закрепить. Часы идут без завода и смены батарейки.

По экваториальным часам можно узнать время только в весенние и летние месяцы. С 23 сентября по 21 марта Солнце ходит по небу ниже небесного экватора, поэтому может освещать циферблат только снизу, что, конечно, неудобно.

Более практичны горизонтальные часы. У этих часов гномон наклонён к цифровому столу на угол, равный широте места. Обычно на таких часах стержень заменён гномоном-угольником в форме акульего хвоста остриём к северу. Часовая шкала горизонтальных часов не равномерна. Около полудня тень движется медленнее, около 7 и 19 ч — быстрее всего. Проекции часовых углов на разных широтах будут различными, и для каждой широты их надо рассчитывать отдельно. Пользуясь таблицей углов отклонения тени солнечных часов от полуденной линии для разных широт, можно вычертить нужный циферблат. Отсчёт часовых углов ведётся влево и вправо от линии истинного полдня. Если широта вашей местности находится между двумя приведёнными в таблице, то легко догадаться, какие средние цифры надо выбрать.



ний. Во второй половине XX в. астрономия уже могла извлекать информацию практически из любого диапазона спектра электромагнитного излучения — от длинных радиоволн до коротковолновых гамма-лучей. Сегодня мы говорим об инфракрасной и радиоастрономии, рентгеновской и гамма-астрономии, наземной и внеатмосферной.

Электромагнитное излучение испускается не непрерывно, а отдельными порциями — *квантами*. Энергия кванта однозначно определяется длиной волны излучения. По формуле Планка

$$E = h\frac{c}{\lambda},$$

где E — энергия кванта, $h \approx 6{,}6 \times 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость распространения излучения, λ — длина волны.

Поэтому электромагнитное излучение часто характеризуют энергией квантов. Очевидно, что наибольшую энергию несут кванты коротковолнового излучения.

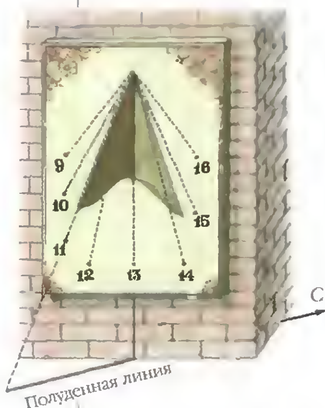
За единицу измерения энергии квантов обычно принимают электронвольт (эВ). Это энергия, которую приобретает свободный электрон, ускоренный электрическим полем с разностью потенциалов в 1 вольт. $1эВ \approx 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Кванты видимого излучения обладают энергиями 2—3 эВ и занимают лишь небольшую область исследуемого в астрофизике электромагнитного спектра, который простирается от значений энергии порядка миллионных долей электронвольта для

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПЕКТР, ИССЛЕДУЕМЫЙ В АСТРОФИЗИКЕ

Область спектра	Длины волн	Прохождение сквозь земную атмосферу	Методы исследования	Приёмники излучения
Гамма-излучение	≤ 0,01 нм	Сильное поглощение O, N_2, O_2, O_3 и другими молекулами воздуха	В основном внеатмосферные (космические ракеты, искусственные спутники)	Счётчики фотонов, ионизационные камеры, фотоэмульсии, люминофоры
Рентгеновское излучение	0,01—10 нм	»	»	»
Далёкий ультрафиолет	10—310 нм	»	Внеатмосферные	Фотоэлектронные умножители, фотоэмульсии
Близкий ультрафиолет	310—390 нм	Слабое поглощение	С поверхности Земли	»
Видимое излучение	390—760 нм	»	»	Глаз, фотоэмульсии, фотокатоды, полупроводниковые приборы
Инфракрасное излучение	0,76—15 мкм	Частые полосы поглощения H_2O, CO_2 и др.	Частично с поверхности Земли	Болометры, термопары, фотосопротивления, специальные фотокатоды и фотоэмульсии
»	15 мкм—1 мм	Сильное молекулярное поглощение	С аэростатов	»
Радиоволны	> 1 мм	Пропускается излучение с длиной волны около 1 мм, 4,5 мм, 8 мм и от 1 см до 20 м	С поверхности Земли	Радиотелескопы





Настенные солнечные часы.

бы его ребро было повёрнуто точно к Солнцу, а тень гномона легла вдоль отвесной линии. Тем самым нацеливаем его на Полярную звезду.

Теперь по мере продвижения тени размечаем циферблат часовыми линиями и ставим метки времени. Вся разметка может быть выполнена за два дня или за больший срок без ущерба для точности часов. Часы будут идти точнее, если разметку проводить в месяцы, когда истинное солнечное время не сильно отличается от среднего солнечного, — в апреле — июне и с 20 августа по 10 сентября.

А может быть, вы, преуспев в гномонике — старинном учении о солнечных часах, в которое мы вас посвятили, попробуете сделать и карманные солнечные часы?

* * *

Солнечные часы бездействуют ночью и в пасмурную погоду. Морская качка делает их бесполезными на корабле. С древних времён им в помощь сооружали водяные часы, устроенные так, чтобы время равномерно «текло» из одного сосуда в другой. Песочные часы служили медикам и морякам (на корабле такие часы назывались склянками). «Ночные стражи» в покоях европейского феодала отмеряла большая горящая свеча, а в восточной пагоде медленно курился распространяя благовоние, шнур огненных часов.

Но вот в XI в. в Европе появились башенные механические часы с одной стрелкой и с колокольным боем, приводившиеся в движение массивной гирей. С восходом Солнца их ставили на 0 ч. Зимой на цепь вешали тяжёлую гирю, а летом лёгкую. Чем тяжелее гиря, тем быстрее, преодолевая трение колёс, шли эти заводные игрушки – часы без маятника. Сторож несколько раз в день поправлял их по солнечным часам. В XVI в. состоятельные люди обзавелись «нюрнбергскими яйцами» – маленькими часиками со множеством колёсиков; их можно было носить в кошельке. Галилео Галилей и Христиан Гюйгенс, изучив свойства маятника, приспособили его к часам и вывели механические часы на новый уровень точности. Это произошло в середине XVII в.



Песочные, водяные и огненные часы.

В ПОИСКАХ НАДЁЖНЫХ ЧАСОВ

Образованному человеку свойственно проводить в каждой области точные исследования до таких пределов, какие допускает природа дела.

Аристотель. «Метафизика»

Уже через 25 лет после изобретения маятниковых часов удалось создать настолько точный часовой механизм, что его с успехом стали использовать для наблюдений в обсерваториях. Первым его применил английский Королевский астроном и первый директор Гринвичской обсерватории Джон Флемстид в 1676 г. при составлении большого звёздного каталога «Британская история неба».

От Флемстида идёт традиция проверки и изучения хода астрономических часов. Он «наблюдал часы», изучая их ход, как наблюдают движение новой планеты.

КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ЧАСАМИ ПРИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Любые механические часы, даже если они наилучшим образом отрегулированы, непременно или спешат, или отстают. Кроме того, все часы идут неравномерно: иногда быстрее, иногда медленнее — в зависимости от качки, тряски, температуры, атмосферного давления, загрязнения и старения механизма, настройки и



личных типов приёмников излучения позволяет принимать излучение космических объектов во всех диапазонах спектра электромагнитных волн, что даёт основание считать современную астрономию всеволновой. Всеволновая астрономия представила нам Вселенную как гигантскую, вечно изменяющуюся картину, раскрашенную невиданными цветами и оттенками. В этой картине запечатлена вся история мироздания, тончайшие свойства и особенности каждого объекта.

АНАЛИЗ ВИДИМОГО СВЕТА

РАДУГА В ТЁМНОЙ КОМНАТЕ

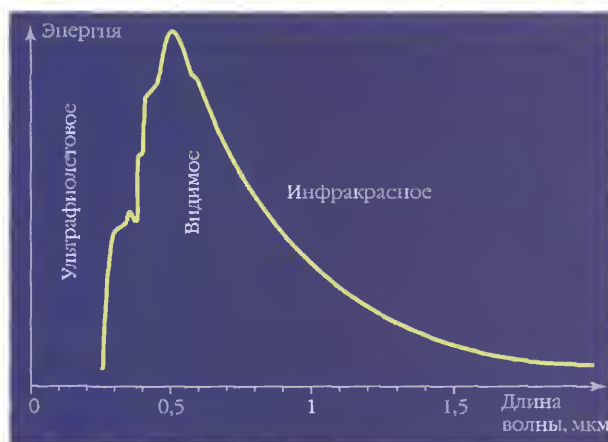
После дождя, когда между тучами проглядывает Солнце, на противоположной стороне неба иногда появляется красивая разноцветная арка — радуга.

О природе радуги размышляли многие. Некоторые догадывались, что её создаёт солнечный свет, проходящий через мелкие капельки дождя. (Кстати, радугу легко увидеть и в брызгах фонтана, если на него удачно упадёт солнечный луч.) Но лишь в конце XVII в. Исаак Ньютон понял причину этого явления.

Пропустив в тёмную комнату узкий пучок солнечного света, Ньютон поставил на его пути стеклянную призму. Луч, прошедший сквозь призму, он направил на белый экран. Вместо привычного солнечного зайчика учёный обнаружил яркую полоску *(спектр)*, окрашенную в те же цвета, что и радуга. Цвета плавно переходили один в другой: от красного до фиолетового. Точно так же, преломляясь на поверхности водяной капли, белый солнечный свет создаёт радугу. Когда физики определили, что свет представляет собой распространяющиеся электромагнитные волны, вместо «цвета» ввели понятие «длина волны». Длины волн видимого света очень короткие. Например, тёмно-красный цвет имеет длину волны 0,7 мкм, а синий — 0,4 мкм.

Как правило, в излучении звёзд и других космических объектов встречаются лучи всех цветов. Но количество энергии, излучаемой звездой, на разных длинах волн неодинаково. Так, в излучении Солнца больше всего энергии приходится на лучи жёлто-зелёного цвета. График зависимости интенсивности излучения от длины волны называется *спектром излучения*, а метод определения свойств источника по спектру его излучения — спектральным анализом.

Спектры различных источников не похожи друг на друга. Спектр излучения разреженного газа представляет собой ряд отдельных узких



Распределение энергии в солнечном спектре. Максимум излучения приходится на видимые лучи жёлтого цвета. Так излучают тела, нагретые до 5800 К.

СЕМЬ ЦВЕТОВ РАДУГИ

Выражение «семь цветов радуги» знают все. Многие могут их перечислить: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый. Эти цвета закодированы в легко запоминающейся фразе: «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан».

С точки зрения физики «семь цветов» — это условность. Цвет определяется длиной волны — величиной непрерывной, а следовательно, имеющей не семь и не семьдесят семь, а бесчисленное множество значений, между которыми нельзя провести никаких естественных границ.

Так сколько же цветов у радуги?



БЕЗ ЧАСОВ НИКАК НЕЛЬЗЯ

«Спешите и помните: с первым лучом солнца замок взлетит на воздух!» — так красиво закруглил свою речь некий завоеватель. И не из любви к красноречию он так выразился, а потому, что у древнего террориста не было часов, а ему хотелось точно обозначить именно момент времени. Впрочем, часы были — само Солнце, но они показывали точно только два момента — восход и закат.

Часы — вещь полезная. «Сверим часы, господа офицеры», — говорит командующий перед операцией. Дачники со значительным ускорением бегут по перрону, когда до отправления электрички осталась минута. «До начала затмения — тридцать секунд. Даю отсчёт времени... Двадцать семь, двадцать шесть...» — разносится из динамика по астроплощадке информация для наблюдателей. Межпланетная станция стартует не когда угодно, а подстраиваясь к «планетному расписанию».

Итак, часы дают возможность видеть и предвидеть определённые моменты времени. Знание точного времени позволяет людям действовать слаженно, согласовывать своё поведение с предвычисленными явлениями природы. А ещё часы помогают людям отмерять нужные временны́е интервалы. Астрономы чаще других учёных пользуются этим прибором.

Летом 1845 г. рессорный экипаж, гружённый сорока тикающими ящичками, в сопровождении царского фельдъегеря, приставленного для пущего порядка и скорости, съехал с пулковского холма на Московский тракт. Сам Василий Яковлевич Струве, застясь от Солнца, смотрел, как покатило в первопрестольную пулковское время. Сорок лучших хронометров, сверенных все как один с пулковскими звёздами, отправились на обсерваторию Московского университета. Зачем так много хронометров? А для большей точности. От трёхдневной дорожной тряски одни чуть отстанут, другие заспешат. Их усреднённое время будет много точнее.

Есть чёткая астрономическая формула: разность долгот двух городов равна разности их местных времён. Повторите её и запомните. Дмитрий Матвеевич Перевощиков, основатель и директор Московской обсерватории, милейший человек и умнейший профессор, сверил пулковское время с часами, поставленными по московским звёздам. Московские шли впереди на 28 мин 58,4 с. Значит, и меридиан Москвы на 28 мин 58,4 с дуги, т. е. на 7°14′ 36″, лежит восточнее петербургского. Затем питерские хронометры уехали домой, на обратном пути ещё раз проверив разность долгот и свою поправку.

Двумя годами раньше эти хронометры плавали на корабле в Гринвич и обратно для того, чтобы точно определить долготу Петербурга. Сейчас, определяя долготу места, гринвичское время можно узнать по радиосигналам или спутниковым данным, а прежде надо было возить часы. Хронометр и секстант были главными приборами капитана дальнего плавания.

на 1,2 с. Между 28 и 30 января проверки времени не было. За двое суток часы отстали ещё на 1,9 с, но записывать нужно суточный ход, а именно +1,0 с. 31 января проверка была в неурочное время, в 12.00. За 3/4 суток, прошедшие с прошлой проверки, часы «запоздали» на 0,6 с, но ход записывается за 3/4 + 1/4 суток, а именно +0,8 с.

И вот первый итог испытания часов. Средний суточный ход составил +0,86 с, т. е. часы в среднем ежесуточно отставали меньше чем на секунду, и от суток к суткам ход изменялся довольно умеренно (± 0,2 с). Ясно, что часы с такой вариацией хода вполне хороши для любительских астрономических наблюдений.

Теперь о том, как часы используются в качестве инструмента наблюдения. Допустим, в ночь на 1 февраля вы наблюдаете в бинокль покрытие звезды Луной. Часы перед вами. Когда звезда исчезла за ночным, невидимым краем Луны, вы фиксируете время: 09 с (сначала секунды) 00 ч 03 мин. Каково же точное время наблюдения?

Расчёт делается так. Ко времени наблюдения, записанному по часам, прибавляется поправка часов из журнала на 31 января и ещё поправка, набежавшая за 12 ч со времени их последней проверки (+0,86 с : 2 = 0,43 с). Итак, точное время наблюдения: 00 ч 03 мин 09 с + 3 мин 03,8 с + 0,4 с = = 00 ч 06 мин 13,2 с.

Записывая в журнал время наблюдения за звездой, отбрасывайте 0,2 с, так как во время наблюдения вы отметили момент покрытия с точностью до 1 с. Но целая секунда, полученная в результате вычисления, бесспорно, надёжная! Так пользуются часами опытные астрономы.

ЧАСЫ СТАНОВЯТСЯ ВСЁ ТОЧНЕЕ

Первые гринвичские ходики Флемстида давали суточную вариацию хода ± 3 с! И потом астрономы ещё 300 лет пользовались механическими часами с маятником, постепенно стано-



на те же самые длины волн, что и линии излучения этого газа.

Третий закон позволил Кирхгофу объяснить наличие тёмных линий в спектре Солнца. Они возникают потому, что непрерывное излучение внутренних раскалённых областей проходит через более холодную внешнюю газовую оболочку светила. В конце концов учёный пришёл к следующему выводу: исследуя спектры различных химических элементов, можно определить положение их спектральных линий. Зная положение линий, можно найти их в спектре Солнца или другой звезды и тем самым выявить её химический состав.

Кирхгоф отождествил большинство линий солнечного спектра с линиями таких хорошо известных элементов, как водород, железо, никель, кальций, хром, титан, натрий, магний и др. Аналогичные исследования спектров звёзд, проведённые другими учёными, установили принципиальное единство химического состава звёзд и Земли.

Триумфом спектрального анализа стало обнаружение на Солнце неизвестного тогда химического элемента — гелия. И лишь потом он был найден на Земле.

ЗАКОНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Трёх законов Кирхгофа хватило бы, чтобы выяснить, из каких элементов образованы звёзды. Но учёных интересует и количественный состав звёзд, т. е. доля каждого элемента в общей массе звёздного вещества. Важно знать также и температуру, и давление, и скорость движения газа в атмосфере звезды... Определить все эти параметры и ещё многое другое помогла родившаяся в первые десятилетия XX в. квантовая механика.

Для описания всех явлений, связанных с электромагнитным излучением, недостаточно знания его волновой природы. Оказывается, свет поглощается и испускается неделимыми порциями, как если бы он состоял из частиц. Эти частицы, или кванты, света стали называть *фотонами*. Энергия фотона связана с длиной волны электромагнитного излучения.

Как возникают спектральные линии, можно понять на примере самого распространённого во Вселенной атома — атома водорода. Он состоит из одного протона и одного электрона. В обычном состоянии (его ещё называют основным) электрон, упрощённо говоря, вращается вокруг протона на определённом расстоянии. Энергия атома минимальна, иными словами, атом находится на низшем энергетическом уровне. Если такому атому каким-то образом передать дополнительную энергию, электрон перейдёт на более удалённую орбиту, а атом — на более высокий энергетический уровень. Законы квантовой механики утверждают, что орбиты, где может находиться электрон, строго определены. Так же строго определены и порции дополнительной энергии, которую можно сообщить атому, — они соответствуют расстоянию между орбитами. Откуда же берётся эта дополнительная энергия?

В раскалённом разреженном газе время от времени происходят столкновения атомов друг с другом и со свободными электронами. Иногда при этих столкновениях атом получает столько энергии, сколько её необходимо для перехода электрона на одну из внешних орбит. Такое состояние атома называется возбуждённым. В возбуждённом состоянии атом пребывает и тогда, когда протон «захватывает» первоначально не связанный с ним электрон, который оказывается на далёкой от протона орбите.

Характерной чертой возбуждённых состояний является их непродолжительность. Электрон стремится возвратиться на самую низкую орбиту. Но как атому избавиться от «лишней» энергии? Он освобождается от неё, излучая квант света, причём со строго определённой энергией, соответствующей расстоянию между орбитами. Электрон способен



проверить: а вращается ли Земля равномерно?

Ещё Иммануил Кант, развивая Ньютонову теорию приливов, доказал в 1754 г., что вращение Земли должно замедляться. В самом деле, притяжение Луны вздымает в Мировом океане два приливных «горба» — подлунный и противолунный. Земля, вращаясь, проворачивается между ними так, как если бы две громадных волны непрестанно перекатывались навстречу её вращению. Таким образом, приливы должны тормозить Землю. «Правда, — писал Кант, — если сопоставить мягкость этого торможения с быстротой вращения Земли, ничтожность волн — с огромной тяжестью земного шара, то может показаться, что действие приливов можно считать равным нулю. Но если принять во внимание, что этот процесс совершается неустанно, что он длится от века и будет продолжаться всегда, что вращение Земли есть свободное движение, для которого потеря малейшего количества остаётся невозмещённой, между тем как причина замедления действует непрестанно, то было бы совершенно неподобающим предрассудком объявить недостойным внимания такое незначительное воздействие, которое, постоянно накопляясь, должно в конце концов исчерпать и самое большое количество».

Два века спустя часы Шорта и кварцевые часы подтвердили правоту Канта. Более того, оказалось, что Луна в паре с Солнцем вызывают приливы ещё и в атмосфере, и в земной коре, поскольку под корой тело Земли ведёт себя как жидкость. Дважды в сутки Луна приподнимает людей над центром Земли на 50 см. Все виды приливов в сумме тормозят вращение нашей планеты так, что сутки удлиняются на 3,3 с каждые 100 тыс. лет.

Зато другая причина, наоборот, заставляет планету вертеться быстрее — на 1 с за 100 тыс. лет. Эта причина — сжатие, уменьшение объёма Земли, вызванное уплотнением вещества в её недрах (возможно, здесь сказывается и таяние ледников). В результате приливы и «утрамбовка» Земли вместе удлиняют сутки на 2,3 с за 100 тыс. лет.

МЕСТНОЕ ВРЕМЯ

КОТОРЫЙ ЧАС В ВАШИХ КРАЯХ?

Посмотрев вечером, как повёрнута около Полярной звезды Большая Медведица, можно определить час звёздного времени. Истинное солнечное время узнают с помощью солнечных часов. А если определить на графике уравнения времени поправку на сегодняшний день и прибавить её к истинному солнечному времени, то станет известно и среднее солнечное время. Если же быть совсем точным, как и подобает астроному, к названиям этих времён надо добавлять слово «местное»: местное звёздное время и т. д.



Наиболее удобно в обиходе местное среднее солнечное время. Во-первых, оно связано с ритмом день-ночь, а во-вторых, это время — в отличие от истинного солнечного — равномерно и потому приспособлено и для обычных ходиков, и для электронных часов. И пока в мире не было железных дорог с их поминутным расписанием поездов, каждый город жил по местному времени, а деревни — по петухам и по времени, «привезённому» в базарный день из города. А время во всех городах было своё. В Петропавловске-Камчатском летнее солнце подходит к закату, в Санкт-Петербурге два часа дня, а где-нибудь в Лиссабоне ещё не наступил полдень.

В городах, расположенных на одном меридиане, например в Архангельске, Вологде, Рязани, Донецке, Сочи, турецком Трабзоне, местное время одно и то же, а при перемещении с запада на восток оно будет заметно меняться. На средних широтах



значения многих параметров звёздных атмосфер и звёзд в целом. Так, например, смещение линий в спектре звезды относительно спектра сравнения говорит о том, что звезда приближается или удаляется от нас — в зависимости от того, в синюю или красную сторону спектра смещены линии (эффект Доплера). По величине этого смещения можно узнать скорость звезды. Если линии спектра периодически смещаются то в одну, то в другую сторону, значит, звезда попеременно движется то к нам, то от нас, т. е. имеет спутник, вместе с которым вращается вокруг общего центра масс. Звёзды в таких парах расположены очень близко друг к другу, и в телескоп нельзя определить, что на самом деле это двойная система. Установить наличие спутника можно только по спектру. Таким образом удалось открыть даже тела планетного типа вблизи отдельных звёзд.

Некоторые линии в присутствии магнитного поля расщепляются. Это явление, открытое в 1896 г. нидерландским физиком Питером Зееманом, называется *эффектом Зеемана*. Измерение параметров расщепления позволяет исследовать магнитное поле звезды. С помощью эффекта Зеемана можно, например, измерять величину магнитного поля в солнечных пятнах.

О параметрах звёздной атмосферы и вращении звезды рассказывают форма и ширина спектральных линий. По ним определяют температуру, ускорение силы тяжести и давление газа в атмосфере звезды, а также её химический состав. Признаки двойственности звезды или ещё большей её кратности выявляют по раздвоению или периодическому смещению линий.

Широкие спектральные линии свидетельствуют о достаточной плотности атмосферы, в которой эти линии образуются. Такая атмосфера характерна для звёзд небольшого радиуса и, следовательно, невысокой светимости. Это звёзды-карлики. Примером такой звезды служит Солнце. Напротив, узкие линии являются характерным признаком звёзд-гигантов, с радиусами во много раз больше солнечного, а потому имеющих огромную светимость. Среди них — Бетельгейзе — красный гигант, даже сверхгигант; Ригель — голубой сверхгигант.

Яркие линии в спектре доказывают, что звезда окружена расширяющейся оболочкой из горячего газа. Эта звезда (как правило, очень высокой светимости) быстро теряет массу и не может долго пребывать в таком состоянии.

У красных звёзд с низкой температурой поверхности в спектрах видны широкие полосы. Это «отпечатки пальцев» уже не атомов, а молекул: оксида титана, оксида ванадия, оксида циркония. А ещё в атмосферах холодных красных звёзд найдены молекулы углерода и ядовитый циан...

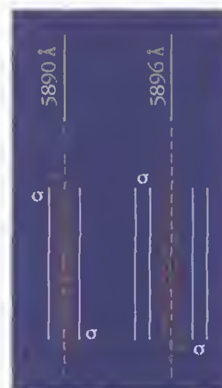
Столь поразительное богатство материала наблюдений, объём которого возрастает с каждым годом, обеспечивает работой астрономов на много десятилетий вперёд.

ПОЧТИ ДЕТЕКТИВНАЯ ИСТОРИЯ НЕБУЛИЯ И КОРОНИЯ

В истории спектральных исследований не обошлось и без курьёзов. В середине XIX в., изучая спектры газовых туманностей, наблюдатели обратили внимание на линии в зелёной части спектра. Эти линии никогда не встречались в спектрах звёзд, и логично было предположить, что они принадлежат новому, ещё не известному элементу. (История с открытием гелия, впервые обнаруженного на Солнце, всё ещё не давала наблюдателям покоя.) Новый химический элемент получил название «небулий» (от *лат.* nebula — «туманность»). Спустя некоторое время в спектре солнечной короны (внешней части атмосферы), снятом при полном затмении Солнца, были отмечены линии, которые тоже не удалось отождествить ни с одним из известных элементов. Новооткрытому элементу дали имя «короний». Казалось, налицо ещё один триумф спектрального анализа.

Однако в 20-х гг. XX в. право новых элементов на существование пришлось поставить под сомнение. К этому времени менделеевская таблица была уже практически заполнена. Для небулия и корония в ней просто не осталось места! Значит, это были не новые элементы, а уже известные, но, так сказать, в «карнавальных масках»: в необычных условиях межзвёздного газа и солнечной короны они излучали совсем не те линии, что в земных лабораториях. И действительно, в конце концов выяснилось, что небулий — это «замаскированный» кислород, а короний — железо.

Расщепление спектральных линий в магнитном поле (эффект Зеемана).







Гринвичская обсерватория.

Карта часовых поясов России.

какому времени? Конечно, по всемирному. За *всемирное время* принято местное среднее солнечное время Гринвичской обсерватории в Лондоне, через которую проведён нулевой меридиан Земли.

Все сигналы точного времени соответствуют минутам и секундам всемирного времени. При этом астрономическая Служба времени постоянно следит за неравномерностью вращения Земли по атомным часам и по мере необходимости добавляет, а иногда и отнимает «високосную» секунду в самом конце года, так же, как раз в четыре года в календарь вставляют лишний день — 29 февраля. Поэтому в последней минуте перед Новым годом (по всемирному времени) может быть и 59, и 60, и 61 с. Об этом астрономическая служба оповещает заранее.

Но жить в средней полосе России по одним часам с лондонцами неудобно. Это означает просыпаться в 10—11 ч утра и ложиться спать далеко за полночь. Поэтому в развитие хорошей идеи всемирного времени придумали *поясное время*. Для этого выбрали 24 главных земных мериди-

Границы часовых поясов

(+3) Величина разницы во времени часового пояса с московским временем в часах

(+4) Территории, на которых принято время, отличающееся от времени часового пояса, с указанием разницы с московским временем в часах

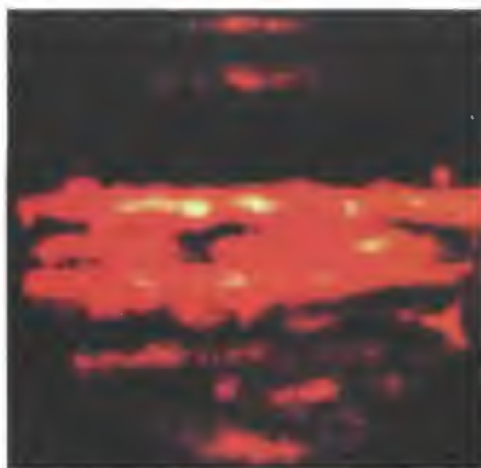


горах, со стратостатов и даже с высотных самолётов. С развитием космической техники наступила очередь телескопов, размещаемых на спутниках. Большое значение имел вывод на околоземную орбиту в 1983 г. американо-англо-голландского инфракрасного телескопа IRAS, в котором использовалось охлаждение приёмной аппаратуры жидким гелием. Телескоп проработал на орбите год, пока не испарился весь 300-литровый запас гелия. За это время учёным удалось многое узнать об инфракрасной Вселенной.

ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПЛАНЕТ

Первыми объектами инфракрасных наблюдений на современной аппаратуре стали планеты Солнечной системы. Начало полётов в космос оживило интерес к проблеме жизни вне Земли. Астрономы принялись настойчиво измерять температуры поверхностей планет и их атмосфер, пытаясь найти благоприятные для жизни условия (разумеется, по земным меркам). Оценки температуры не вселяли особых надежд: 500 °С на Меркурии; −140° на Юпитере; −160° на Сатурне. Зато наделало много шума обнаружение американским астрономом Уильямом Синтоном в инфракрасном спектре Марса двух полос, характерных для углеводов — простейших органических соединений. Казалось, вопрос о жизни на Марсе близок к решению... Однако проверка показала, что открытые Синтоном полосы имеют не марсианское, а земное происхождение и скорее всего принадлежат пара́м тяжёлой воды в атмосфере Земли.

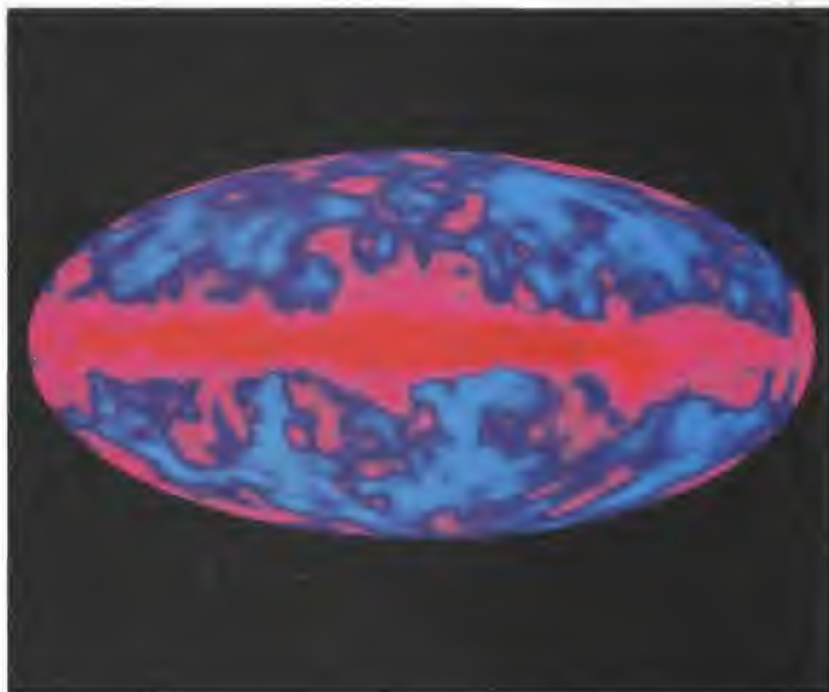
Инфракрасные наблюдения планет-гигантов позволили уточнить структуру их атмосфер, обнаружить водяной лёд на их спутниках. Было открыто собственное излучение Юпитера и Сатурна, связанное не только с нагревом солнечными лучами, но и с внутренними источниками тепла у этих планет.



Юпитер в инфракрасных лучах.

НОВАЯ КАРТА НЕБА

После появления инфракрасных телескопов с 3—4-метровыми объективами астрономы развернули работу по составлению карт неба в инфракрасных лучах. Проводя регулярные обзоры неба, они определяли координаты инфракрасных источников и оценивали энергию приходящего от них излучения. В итоге человек впер-



Небо в инфракрасных лучах. Горизонтальная линия соответствует средней плоскости Млечного Пути. Вне Млечного Пути расположены в основном внегалактические инфракрасные источники.

КАЛЕНДАРЬ

Главное назначение календаря — дать простой способ привязывать события к последовательности дней и лёгким способом фиксировать в одном и том же сезоне начало года.

Если бы календарный год был постоянно равен 365 суткам, его начало всегда опережало бы начало истинного года на 5 ч 48 мин, и день Нового года проходил бы через все времена года за период около 1508 лет. Но такой год, некогда применявшийся в Египте, лишает календарь удобства относить месяцы и праздники к одним и тем же природным сезонам и отмечать сроки, важные для сельского хозяйства.

Можно было бы сохранить это ценное для сельских жителей преимущество, добавляя в году дополнительный день через четыре или пять лет, как только нарастут полные сутки. Именно так было сделано во Франции в конце XVIII в. Но в этом случае високосные годы, или годы в 366 суток, включались бы по очень сложному закону и было бы трудно разложить какое-нибудь число лет на дни, что вносило бы путаницу в историю и хронологию... Следовательно, здесь надо отступить от природы и прибегнуть к искусственному, но регулярному и удобному методу включения високосных годов. Самый простой из них — это метод, введённый Юлием Цезарем в римском календаре. Он состоит во включении високосного года раз в четыре года. Если даже срок человеческой жизни достаточен, чтобы ощутимо отодвинулось начало счёта египетских лет от солнцестояния или равноденствия, то требуется несколько веков, чтобы осуществилось такое же отклонение начал счёта юлианских лет.

В XI в. персы придумали способ, замечательный в своей точности и простоте. Он состоит в том, чтобы делать високосным годом каждый четвёртый год семь раз подряд, а восьмой раз заменять високосным лишь пятый год. Персидский год только на 0,0001823 дня длиннее года, определяемого из астрономических наблюдений. Понадобилось бы несколько тысячелетий, чтобы заметно сместить начало гражданского года.

Способ включения дней в григорианском календаре — в календаре по новому стилю — несколько менее точен, но позволяет проще переводить годы и века в дни, а это и является одним из главных назначений календаря. Он состоит в том, чтобы считать високосным каждый четвёртый год, исключая его в конце каждого века, кроме каждого четвёртого столетия. Средняя длина григорианского года равна 365,242500 суток, что на 0,0002581 суток — на 22 секунды — длиннее истинного года. Но если, следуя аналогии такого способа, исключать ещё один високосный год каждые четыре тысячи лет, то длина года настолько приблизится к его длине, определённой из наблюдений, что можно пренебречь их разностью, учитывая к тому же, что длина года не совсем постоянна.

Совокупность ста лет образуют век — самый длинный период, применяемый до сих пор для измерения времени, так как самые древние известные нам явления пока не требуют более длинных периодов.

(По книге Пьера Симона Лапласа «Изложение системы мира». 1796 г.)

вов Зелёного Мыса, когда последний уцелевший корабль флотилии, возвращаясь из кругосветного плавания, уже направлялся к родным берегам. Какая-то смутная мысль третий день тревожила синьора, и ему никак не удавалось прояснить её. Вот как писал он об этом в дневнике: «9 июля 1522 г. Чтобы определить, не ошиблись ли мы в счёте дней, мы поручили сошедшим на берег спросить, какой сегодня день недели. Они выяснили у жителей острова — португальцев, что сегодня четверг. Это нас сильно удивило, так как, по нашему мнению, была только среда. Мы не могли поверить, что ошиблись. Я же был удивлён более других, поскольку, пребывая всегда в добром здравии, отмечал каждый день без исключения, описывая все события дня. Тут мы сообразили, что ошибки с нашей стороны не было, но так как мы всё время плыли на запад, догоняя Солнце, и вернулись к тому же месту, то должны были выиграть двадцать четыре часа, что станет ясно всякому, кто поразмыслит над этим».

Похожая история случилась и с русскими землепроходцами, пришедшими 250 лет назад на Аляску и в Калифорнию. Там они встретились с колонистами, приплывшими с востока — из Англии, Франции, Португалии. Между путешественниками и колонистами постоянно возникали споры о том, какое сегодня число и день недели. Русские справляли воскресенье, а англичане говорили, что сегодня ещё суббота. Русские шли в Америку с запада, из Сибири, навстречу Солнцу и понемногу прибавляли время, а прочие двигались с востока, следом за Солнцем, и истинное солнечное время для них текло медленнее. В районе Сан-Франциско, Форт-Росса и Санта-Барбары их часы разошлись ровно на сутки. Впрочем, встреченные там испанцы в этом споре русских поддерживали, потому что сами приплыли через Тихий океан.

Кто же прав? Ответить на этот вопрос невозможно, если нет договорённости о линии смены даты. Для путешествующего вокруг Земли непременно должна быть где-то грани-



очень сильно поглощается межзвёздной пылью.

Аппаратура, установленная на IRAS, принимала излучение на длинах волн 12, 25, 60 и 100 мкм. В этих лучах светят уже не сами звёзды, а пыль вблизи звёзд или между ними. IRAS зарегистрировал очень много источников: инфракрасные объекты в ядре Галактики, излучение узкой полосы вдоль Млечного Пути, где концентрируются межзвёздный газ и пыль, и большое количество звёзд с пылевыми оболочками.

Более 10 тыс. источников удалось отождествить с внегалактическими объектами: галактиками (преимущественно спиральными) и квазарами — очень далёкими и мощными точечными источниками. Во многих случаях излучение галактик в инфракрасном диапазоне сравнимо по мощности с наблюдаемым оптическим излучением или даже превосходит его. В основном это излучение связано с молодыми горячими звёздами, которые рождаются в непрозрачных (для видимых и ультрафиолетовых лучей) областях галактик и нагревают окружающую их пылевую среду до нескольких десятков кельвинов, из-за чего она начинает светиться в инфракрасном диапазоне. По мощности этого излучения астрономы количественно оценивают темпы образования звёзд в галактиках.

В некоторых случаях мощность инфракрасного излучения ядер галактик и квазаров оказалась невероятно высокой — сотни миллиардов светимостей Солнца. Механизм образования таких источников ещё ждёт своего объяснения.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Тот, кто хотя бы раз поднимался в горы, знает, что Солнце там гораздо жарче, чем на равнине: оно очень быстро обжигает кожу. В то же время люди, живущие в горах, реже страдают насморком, ангиной и другими простудными заболеваниями. Неужели солнечный свет там чем-то отличается от равнинного? Да, в нём больше *ультрафиолетовых* (УФ) лучей, у которых длины волн короче, чем у видимого света. Ультрафиолетовая часть спектра охватывает участок с длинами волн от 0,3 до 0,01 мкм. Загар вызывается мягкими ультрафиолетовыми лучами со сравнительно большой длиной волны. Коротковолновые, или жёсткие, ультрафиолетовые лучи, к счастью, не проходят через земную атмосферу.

В газовой среде, например в межзвёздном пространстве, жёсткие, энергичные ультрафиолетовые кванты ионизуют атомы различных элементов. При этом энергия кванта передаётся одному из электронов, и он отрывается от родного атома, отправляясь в «свободное плавание». Нейтральный атом, потеряв электрон, приобретает электрический заряд и превращается в положительный ион. «Сбежавший» электрон может вновь присоединиться к какому-нибудь ионизованному атому, тогда последний опять становится нейтральным.

Газ, образованный не нейтральными атомами, а положительно и отрицательно заряженными частицами (как правило, положительными ионами и электронами), называется *плазмой*. Плазма проводит электрический ток, и на её движение очень сильно влияет магнитное поле. Учёные установили, что Вселенная в основном состоит из плазмы. Лишь планеты, межпланетная и межзвёздная пыль да газ в холодных «уголках» Вселенной, куда не проникает коротковолновое ионизующее излучение, содержат вещество в иных состояниях.

Газовые облака, ионизуемые ультрафиолетовым светом горячих звёзд, сами становятся мощными источниками излучения. Их именуют светлыми газовыми туманностями или областями ионизованного водорода. Там, где они наблюдаются, можно ожидать присутствие молодых горячих звёзд, которые из-за своей высокой температуры излучают большую часть энергии в ультрафиолетовой области спектра.

Итак, на ультрафиолетовое излучение природа возложила важную

КАК АСТРОНОМЫ ИЗУЧАЮТ ВСЕЛЕННУЮ









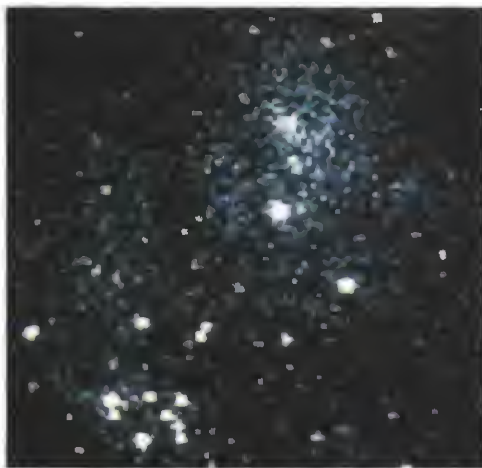


КОСМИЧЕСКОЕ «ОРУЖИЕ БЛИЖНЕГО БОЯ»

Исследование ультрафиолетового излучения небесных объектов началось довольно давно — с появлением астрофотографии. Ведь фотоэмульсии чувствительны не только к видимому свету, но и к УФ-излучению. Однако для изучения жёсткого, коротковолнового, излучения небесных тел понадобилось вынести приборы за пределы атмосферы. Здесь трудно было ожидать больших сюрпризов. Жёсткое УФ-излучение — это «оружие ближнего боя», оно не может распространяться в межзвёздной среде на большие расстояния. Его высокая ионизующая способность приводит к быстрой потере энергии и поглощению космических УФ-квантов газом, который для длинноволнового излучения совершенно прозрачен.

Основным межзвёздным поглотителем является водород. Он ионизуется УФ-излучением с длинами волн менее 912 Å (0,0912 мкм). Но его энергия может перейти к более длинноволновым квантам и «высветиться» в эмиссионных линиях, которые испытывают значительно меньшее поглощение и наблюдаются с больших расстояний. Нагретый УФ-квантами газ излучает не только свет, но и радиоволны, поэтому наблюдения межзвёздных облаков ионизованного водорода проводятся и в оптическом, и в радиодиапазоне. Они позволяют узнать, где находятся далёкие источники жёстких ультрафиолетовых лучей и измерить их мощность.

Источники мощного УФ-излучения не так часто встречаются в космосе. В основном это очень горячие звёзды большой светимости с температурой поверхности выше 20—25 тыс. кельвинов. По цвету такие звёзды кажутся голубыми или бело-голубыми; типичным примером служит Ригель в созвездии Ориона. Большинство подобных звёзд сосредоточены в галактической плоскости, в спиральных ветвях. Их свет сильно ослабляется из-за поглощения газом и пылью, которые тоже сосредоточены в галактической плоскости. Но интерес к ним астрономов велик, поскольку эти звёзды молоды: их возраст исчисляется лишь миллионами лет, тогда как Солнце существует не менее 5 млрд лет. Наблюдения молодых звёзд помогают лучше понять процессы, приводящие к их образованию, и проследить пути звёздной эволюции.



Ультрафиолетовое изображение части туманности Лагуна, содержащей большое количество молодых горячих звёзд.

Впрочем, совсем без неожиданностей всё-таки не обошлось. Старые звёзды в ядрах и нашей Галактики, и галактики Андромеды, и дальних эллиптических звёздных систем излучают гораздо больше ультрафиолетовых лучей, чем ожидалось. По-видимому, дело в том, что среди старых звёзд также встречаются горячие объекты, излучающие в ультрафиолетовом диапазоне. Это звёзды с очень низким содержанием металлов и белые карлики, уже прошедшие в своём развитии стадию красных гигантов. Измерение УФ-излучения звёздных систем даёт ключ к выяснению их звёздного состава.

Но, пожалуй, наиболее высокую ультрафиолетовую светимость, причём, как правило, быстропеременную, имеют активные ядра галактик и квазары. И излучение это исходит не только от горячих звёзд. Там имеются незвёздные, или, как говорят, нетепловые источники очень большой мощности. Изучение их природы — одна из актуальных задач астрономии.





РАДУГА ВСЕЛЕННОЙ

ВСЕВОЛНОВАЯ АСТРОНОМИЯ

В течение многовековой истории астрономия постоянно изменяла свой характер. Её цели и возможности во многом определялись общим уровнем науки и техники, на котором базировались методы наблюдений. Вплоть до начала XX в. это были оптические наблюдения, т. е. наблюдения видимого излучения небесных тел.

Свет, как известно, представляет собой электромагнитные волны. Диапазон длин волн видимого света довольно узок — от 0,000039 см до 0,000076 см. Специалисты часто используют более мелкие единицы: микрометры (1 мкм = 10^{-6} м), нанометры (1 нм = 10^{-9} м) или ангстремы (1 Å = 10^{-10} м). К примеру, длина волны жёлтого света приблизительно равна 5800 Å.

Смешивая в различных пропорциях краски нескольких основных цветов, живописец получает бесчисленное множество оттенков. «Палитра» современного астронома-спектроскописта, исследующего видимое излучение, состоит из многих тысяч отдельных цветовых участков, или спектральных интервалов. Их выделяют при помощи высокоточных приборов — спектрографов, спектрометров, специальных светофильтров и т. п.

Кажется удивительным, что всё многообразие красок природы умещается в узенькую полоску спектра, а обширные области электромагнитного излучения можно «увидеть» только с помощью специального оборудования. Но природа ничего не делает зря. Дело в том, что земная атмосфера лучше всего пропускает как раз видимый свет да ещё радиоволны ультракоротковолнового диапазона. Губительные для жизни на Земле жёсткие ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи поглощаются атмосферой.

Изобретение фотографии, а затем различных фотоэлектрических приёмников излучения, использование радиоприёмников с большими антеннами для измерения космического радиоизлучения и, наконец, вынос приборов за пределы земной атмосферы необычайно расширили возможности астрономических наблюде-



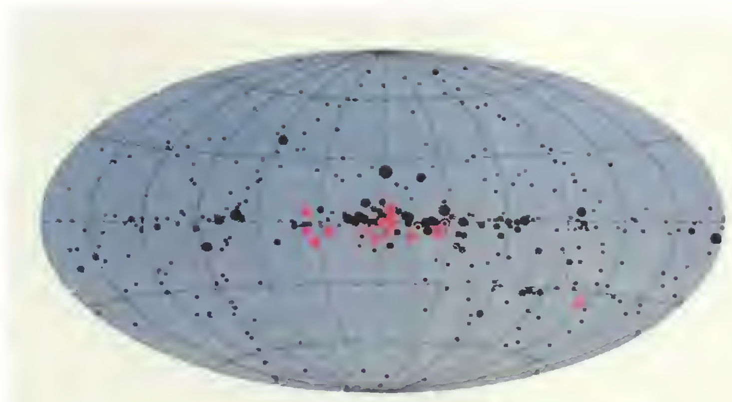
Для регистрации космических рентгеновских лучей физики предоставили астрономам большой набор приёмных устройств. Сначала применялась фотоплёнка, похожая на ту, что используется в рентгеновских кабинетах; потом появились счётчики Гейгера; затем газовые, так называемые пропорциональные счётчики и наконец специальные полупроводниковые устройства, способные не только улавливать рентгеновские кванты, но и определять их энергию. Долгое время основным недостатком рентгеновских приёмников излучения была низкая разрешающая способность, однако впоследствии использование на рентгеновских обсерваториях специальных металлических зеркал обеспечило угловое разрешение не менее 1″.

РЕНТГЕНОВСКОЕ НЕБО

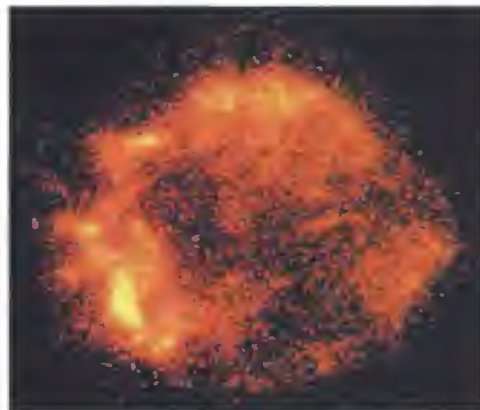
Каталоги, составленные на основе спутниковых наблюдений, включают тысячи космических источников рентгеновского излучения. Сотни из них отождествлены с оптическими объектами.

Среди рентгеновских источников немало галактических объектов: остатки сверхновых звёзд (в частности, Крабовидная туманность и находящийся в ней пульсар), тесные двойные системы, центральная область (ядро) Галактики. Но многие источники лежат за пределами нашей звёздной системы: это другие галактики, как обычные (туманность Андромеды), так и необычные (галактика Дева А из скопления галактик в созвездии Девы). Мощными источниками рентгеновского излучения оказались ядра галактик с признаками высокой активности и квазары, как правило быстро меняющие свою рентгеновскую светимость. В крупных скоплениях галактик в рентгеновских лучах наблюдается также разреженный горячий газ, заполняющий межгалактическое пространство.

Особенно интересна природа рентгеновских источников, связанных с тесными двойными системами (так называется объединённая взаимным тяготением пара очень близких друг к другу звёзд), в которых один компонент — очень компактный объект (нейтронная звезда или чёрная дыра), а второй — гигант или сверхгигант. Расстояние между членами пары невелико, поэтому при определённых условиях вещество может активно перетекать со звезды-гиганта на компактную звезду. Оно выпадает на поверхность нейтронной звезды в области магнитных полюсов либо «наматывается» в её экваториальной плоскости, подобно магнитофонной ленте на катушку, образуя вокруг звезды газовый диск. Так как компактная звезда имеет достаточно большую массу (порядка массы Солнца) и малые размеры (15—20 км в диаметре), падающее вещество приобретает огромные скорости — десятки тысяч километров в

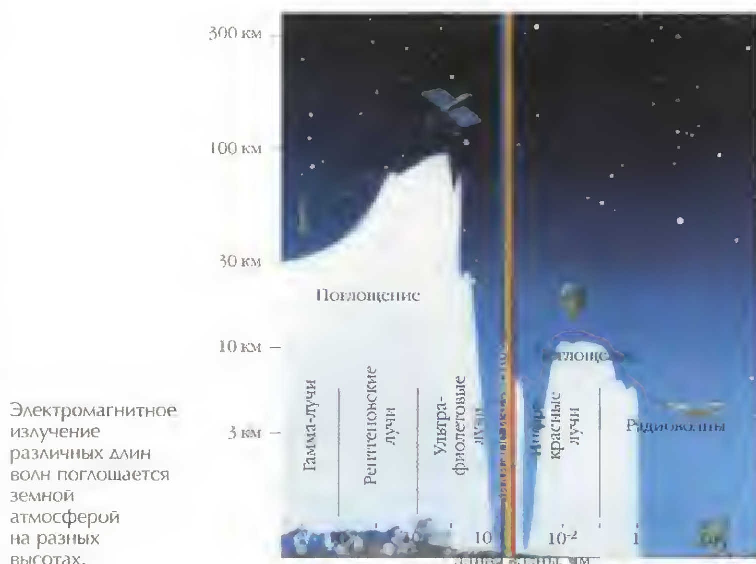


Небо в рентгеновских лучах. Горизонтальная ось — галактический экватор.



Рентгеновское изображение объекта Кассиопея-А, остатка сверхновой звезды.





Электромагнитное излучение различных длин волн поглощается земной атмосферой на разных высотах.

ОБЛАСТИ СПЕКТРА, В КОТОРЫХ ИЗЛУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ИМЕЕТ МАКСИМАЛЬНУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ

Объекты	Области спектра
Звёзды типа Солнца	Видимая
Холодные звёзды	Ближняя инфракрасная
Горячие звёзды	Ультрафиолетовая
Протозвёзды	Инфракрасная
Планеты	Видимая (отражённый свет), инфракрасная (собственное излучение)
Нейтронные звёзды, не являющиеся пульсарами	Рентгеновская
Радиопульсары	Радио
Рентгеновские пульсары	Рентгеновская
Аккреционные диски вокруг нейтронных звёзд и чёрных дыр	Рентгеновская, гамма
Холодный межзвёздный газ	Радио (отдельные линии)
Области ионизованного водорода	Ультрафиолетовая, видимая, инфракрасная (отдельные спектральные линии)
Корональный межзвёздный (межгалактический) газ	Рентгеновская
Межзвёздная пыль	Далёкая инфракрасная (собственное излучение), видимая (отражательные туманности)
Остатки сверхновых звёзд	Радио, видимая
Млечный Путь, галактики	Видимая, далёкая инфракрасная
Активные ядра галактик	»
Радиогалактики	Радио, видимая
Вспыхивающие гамма-источники	Гамма

метровых радиоволн до миллионов электронвольт для гамма-излучения. Между радиоволнами и гамма-лучами последовательно располагаются инфракрасное, визуальное (видимое), ультрафиолетовое и рентгеновское излучение.

Излучение в видимой области спектра сравнительно хорошо пропускается земной атмосферой. В более коротковолновых участках спектра поглощение сказывается значительно сильнее, так что излучение из космоса проникает только до некоторого уровня атмосферы. Сильнее всего она поглощает коротковолновую область спектра, т. е. ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучение. Эта область, за исключением близкого ультрафиолета (310—390 нм), доступна наблюдениям только с высотных ракет и космических аппаратов.

В сторону длинных волн от видимой области спектра расположены область инфракрасного (ИК) излучения и радиоволны. Большая часть инфракрасного излучения, начиная примерно с длины волны 1 мкм, поглощается молекулами воздуха, главным образом водяных паров и углекислого газа. С Земли можно наблюдать излучение только в некоторых, довольно узких «окнах» видимости между полосами молекулярного поглощения. Остальные участки ИК-спектра доступны наблюдениям со сравнительно небольших высот и могут изучаться с аэростатов и шаров-зондов, а также на некоторых высокогорных обсерваториях.

Второе «окно прозрачности» атмосферы — это радиодиапазон. Воздушная оболочка Земли пропускает радиоволны в диапазоне примерно от 1 см до 20 м. Волны короче 1 см, за исключением узких областей около 1, 4,5 и 8 мм, полностью поглощаются нижними слоями земной атмосферы, а волны длиннее нескольких десятков метров отражаются и поглощаются самими верхними её слоями — ионосферой.

Совокупность современных наземных и внеатмосферных методов наблюдений с использованием раз-



называемом *комптоновском рассеянии* — обмене энергией между обычным излучением и высокоэнергичными электронами. Гамма-лучи возникают и при пролёте быстрого электрона в электрическом поле протона или атомного ядра (такое излучение образно именуют «тормозным»). Их источником является также процесс *аннигиляции* — превращения пары частица—античастица в гамма-кванты.

Физики создали приборы, позволяющие обнаружить гамма-кванты, определить их направление и энергию. Но какое это имеет отношение к астрономии? Самое непосредственное.

В недрах звёзд протекают многочисленные ядерные реакции; в пространстве между звёздами с околосветовыми скоростями проносятся частицы космических лучей; в космосе происходит аннигиляция частиц и античастиц. Значит, должны существовать космические гамма-лучи.

Уловить их на поверхности Земли невозможно — мешает атмосфера, мощная броня, которой природа прикрыла нас от космоса. Учёные подсчитали, что для того, чтобы пролететь через земную атмосферу, частицы космических лучей или кванты высокой энергии должны преодолеть такой же по массе слой вещества, какой они прошли по пути через Вселенную на протяжении нескольких миллиардов световых лет!

Вот почему гамма-астрономия родилась лишь после того, как детекторы гамма-лучей были подняты сначала на баллонах и ракетах, а потом на космических аппаратах.

Но всё-таки существует и наземный метод обнаружения космических гамма-квантов: можно регистрировать слабый поток световых фотонов, который создают в атмосфере быстрые электроны, возникающие при взаимодействии энергичных гамма-квантов с атомами воздушной среды. Такой метод позволяет улавливать гамма-кванты особенно высоких энергий — до 10^{12} эВ.

КВАНТЫ-ОДИНОЧКИ

Отдельные гамма-кванты регистрируют специальные приборы. Один из них — *сцинтилляционный* счётчик. Это кристалл из особого вещества (например, иодистого натрия); проходя через него, гамма-квант даёт вспышку света, которая фиксируется фотоумножителем. Таким способом обнаруживают гамма-кванты с энергией до нескольких мегаэлектронвольт.

Более энергичные гамма-кванты улавливают с помощью так называемых *трековых детекторов*. Эти устройства регистрируют траектории движения быстрых заряженных частиц, например электронов, образующихся при взаимодействии гамма-кванта с веществом детектора. Камеры детектора заполнены газом; пролетая через них, частицы оставляют за собой след из ионизованных атомов, по которому их и обнаруживают.

Существуют и другие способы регистрации гамма-квантов, но все они не универсальны: каждый рассчитан на определённый диапазон энергии частиц.

ГАММА-ФОН И ГАММА-ПУЛЬСАРЫ

Источником гамма-излучения служат частицы сверхвысокой энергии — будь то частицы очень горячего газа с температурой миллиарды градусов или заряженные частицы, разогнанные до невероятно больших скоростей в природных ускорителях.

Когда приборы для регистрации гамма-лучей были вынесены в космос, астрономы обнаружили то, что и ожидали, — фоновое гамма-излучение, «размазанное» по небу в полосе, охватывающей Млечный Путь. Это следствие уплощённой структуры нашей Галактики. Гамма-излучение рождается в межзвёздной среде, которая в основном сосредоточена в плоской составляющей нашей звёздной системы — галактическом диске. Гамма-излучение здесь возникает при столкновении энергичных протонов

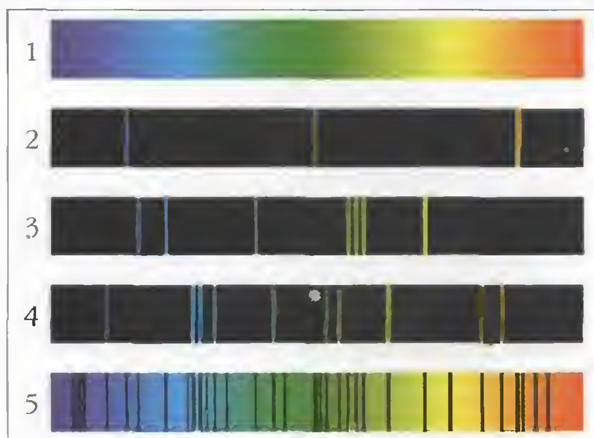


пиков (их в зависимости от толщины называют *спектральными линиями* или *полосами*). Спектр же излучения твёрдого нагретого вещества напоминает горб: энергия излучается в широком диапазоне, но на некоторые длины волн её приходится больше, чем на другие. Положение «горба», т. е. длина волны, соответствующая излучению максимальной интенсивности, зависит от температуры тела. Такой спектр, в котором присутствует излучение всех длин волн, называется *непрерывным*.

Только в XIX столетии астрономы догадались, что спектром можно воспользоваться как инструментом для изучения звёзд. Исследуя спектр излучения Солнца, учёные обнаружили, что он очень похож на непрерывный спектр излучения вещества, нагретого до очень высокой температуры — около 6 тыс. градусов. Но в спектрах Солнца и звёзд на этот «горб» накладываются многочисленные провалы, различаемые на его разноцветном фоне как узкие тёмные линии. В спектре Солнца такие линии были открыты в начале XIX в. немецким оптиком Йозефом Фраунгофером.

ОТКРЫТИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Непрерывный спектр и спектральные линии оказались тем языком, на котором звёзды рассказывают о себе.



Типы спектров: 1 — непрерывный спектр, 2 — 4 — линейчатые эмиссионные спектры, 5 — линейчатый спектр поглощения.

Понять этот язык удалось только в середине XIX в., хотя исследования спектров проводились и раньше. Немецкий химик Роберт Вильгельм Бунзен обнаружил, что если вносить в пламя газовой горелки различные вещества, то оно окрашивается в самые разнообразные цвета. Тогда Бунзену пришла идея оценивать химический состав вещества по цвету пламени. Но вскоре он убедился, что разные вещества могут давать очень сходную по цвету окраску пламени. Так, например, в жёлтый цвет окрашивал пламя не только натрий, но и его многочисленные соединения.

Выход нашёл физик Густав Роберт Кирхгоф. Он предложил рассматривать пламя в спектроскоп — прибор для изучения спектра. Опыты начались в 1854 г. В одном из экспериментов учёный поместил перед спектроскопом спиртовую горелку. Когда в слабо светящееся пламя он подбрасывал поваренную соль (хлористый натрий), в спектроскопе появлялась ярко светящаяся жёлтая линия натрия. Затем позади натриевого пламени Кирхгоф поставил более яркий и более горячий источник света, дававший сплошной спектр (кусок извести, накалённый добела в пламени водородной горелки). Теперь в спектроскопе наблюдался яркий сплошной спектр, но на месте жёлтой линии натрия оказалась тёмная линия, совершенно такая же, как одна из фраунгоферовых линий солнечного спектра.

В 1859 г. (этот год считается датой рождения спектрального анализа) Кирхгоф сформулировал основные законы спектрального анализа:

1. Накалённое твёрдое тело, сильно нагретая жидкость (а при достаточно большом давлении и раскалённый газ) излучают непрерывный спектр.

2. Нагретый газ при низком давлении излучает спектр, состоящий из отдельных ярких линий испускания (или эмиссионных линий).

3. Газ, помещённый перед более горячим источником непрерывного излучения, создаёт в спектре источника тёмные линии (линии поглощения), которые приходятся в точности



двойные системы из нейтронных звёзд или чёрных дыр. Обращаясь вокруг общего центра масс, они постепенно сближаются и должны рано или поздно столкнуться друг с другом из-за неизбежных потерь энергии орбитального движения на излучение гравитационных волн. Выделяемая при таком столкновении энергия фантастически велика — около 10^{46} Дж. Это примерно в сто раз больше, чем Солнце может излучить за всю свою жизнь! Такие объекты могли бы наблюдаться с расстояний в тысячи мегапарсек. Но пока это только гипотеза.

Для окончательного выяснения природы гамма-всплесков понадобятся наблюдения не только электромагнитного излучения в различных спектральных диапазонах, но также нейтринного излучения и гравитационных волн, которые должны сопровождать вспышку. И это дело уже недалёкого будущего.

РАДИОАСТРОНОМИЯ

Многие объекты Вселенной, включая Солнце, планеты, туманности, галактики, а в особенности такие необычные объекты, как, например, пульсары и квазары, излучают радиоволны, которые можно принимать с помощью современной техники. Измерением и анализом радиоизлучения космических источников занимается специальный раздел астрономии — радиоастрономия.

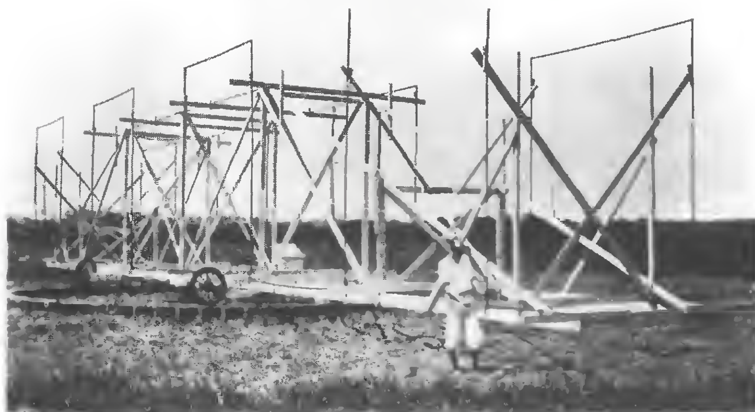
Радиоволны, как и видимый свет, представляют собой электромагнитные колебания, но длина волны у них неизмеримо больше, чем у световых волн. Радиоастрономы обычно работают в диапазоне длин волн от нескольких миллиметров до 15—20 м. Более длинноволновое и более коротковолновое излучение не пропускает земная атмосфера, и для его приёма необходимо выносить аппаратуру в космос.

От изобретения радио до открытия космического радиоизлучения прошло несколько десятилетий. Причина в том, что радиоизлучение космических объектов исключительно слабое, поэтому для его исследования необходимы очень чувствительные приборы и огромные приёмные антенны — *радиотелескопы*.

РОЖДЕНИЕ НОВОЙ НАУКИ

Впервые космическое радиоизлучение обнаружил в 1932 г. американский инженер Карл Янский. Он тогда исследовал радиопомехи, мешавшие работе трансатлантического беспроводного телефона. Для этих целей была построена большая однонаправленная антенна: специальная металлическая рама, закреплённая на поворотном устройстве — карусели. Размеры конструкции составляли 30,5 м в длину и 3,7 м в высоту. Антенну можно было сориентировать в нужном направлении и изучать приходящее радиоизлучение. Работа велась на волне 14,6 м.

Янский быстро выяснил, что треск и щелчки в наушниках, мешавшие связи, были вызваны ближними и дальними грозовыми разрядами. Но кроме этих помех он уловил постоянное негромкое шипение, которое усиливалось и ослабевало с периодом 23 ч 56 мин. Это время равно



Карл Янский рядом с антенной, с помощью которой он открыл космическое радиоизлучение.



вернуться на основную орбиту сразу, испустив квант с большой энергией, а может по дороге останавливаться на промежуточных орбитах, если излучается набор квантов с меньшими энергиями. Но в любом случае излучение будет наблюдаться лишь на тех длинах волн, которые допускаются расположением орбит, или энергетических уровней, атома. Поэтому спектры излучения газов состоят из линий строго определённых цветов.

Иначе обстоит дело в относительно холодном плотном газе, освещённом мощным источником непрерывного излучения, например в атмосферах Солнца и звёзд. Здесь картина прямо противоположная. Кванты непрерывного спектра могут выбить электрон с одного уровня на другой, более высокий. Сам квант при этом исчезает, а избыток энергии атома снимается при его столкновении с другими атомами. Электрон падает обратно на низкую орбиту, а его энергия превращается в энергию теплового движения столкнувшихся частиц. В этом процессе участвуют только те кванты, энергия (длина волны) которых строго соответствует одному из возможных переходов электрона в атоме. Все остальные кванты проникают через вещество почти беспрепятственно. Таким образом, из непрерывного излучения поглощаются лучи строго определённых цветов, и в спектре звезды появляются узкие провалы, отмечающие их отсутствие, — спектральные *линии поглощения*.

На основе новых идей физики сумели объяснить происхождение линейчатых спектров, сплошных спектров, «горбатых» кривых распределения энергии в спектрах нагретых тел и многое другое. Разработанные ими методы позволили астрономам узнать количественный состав звёздных атмосфер, их температуру и даже величину магнитных полей... Кроме того, квантовая механика способствовала созданию теории ядерных реакций в недрах звёзд, тем самым помогла выявить источники их энергии и проследить пути звёздной эволюции. Так что сотрудничество физиков и астрономов принесло прекрасные плоды, обогатившие как физику, так и астрономию.

Спектрограф, установленный на окулярном конце телескопа.



ЗВЁЗДНЫЕ РАДУГИ

Для того чтобы подробно исследовать спектр звезды, надо получить его резкое изображение. Какими же приборами пользуются астрономы для получения звёздных спектров? Конечно, это спектроскоп, точнее *спектрограф*, поскольку современный наблюдатель предпочитает сразу снимать спектр на фотопластинку или записывать его при помощи различных фотоэлектрических приборов. Спектры излучения ярких звёзд определяются индивидуально. Для получения спектров слабых источников применяют *объективную призму* — тонкую стеклянную призму, размещаемую перед объективом телескопа. Поэтому на фотопластинку одновременно попадают изображения спектров многих десятков звёзд. Разумеется, такие звёздные радуги очень короткие, но для многих целей, в том числе для предварительной спектральной классификации звёзд, они вполне пригодны.

Зарегистрированные спектры небесных светил обязательно дополняются спектрами сравнения, полученными от источников, для которых положения спектральных линий точно известны. Сравнение спектров земных и небесных источников позволяет выявить даже небольшие изменения положений и формы спектральных линий. И подобно тому, как Шерлок Холмс при помощи лупы обнаруживал еле заметные следы, оставленные преступником, современный астроном из особенностей спектра звезды извлекает информацию о её свойствах. Недаром спектры иногда образно именуют паспортами звёзд.

Основным источником информации являются спектральные линии. Поскольку своим происхождением они обязаны процессам испускания и поглощения излучения отдельными атомами, это позволяет установить



РАДИОТЕЛЕСКОПЫ

Радиотелескопы обычно представляют собой конструкции очень больших размеров. Наиболее распространённый тип радиотелескопа — это сооружение, основным элементом которого служит сплошное металлическое зеркало параболической формы. Зеркало отражает падающие на него радиоволны так, что они собираются вблизи фокуса и улавливаются специальным устройством — облучателем. Затем сигнал усиливается и преобразуется в форму, удобную для регистрации и анализа. Хранение и обработка данных осуществляются с помощью компьютерной техники. Чувствительность радиотелескопа тем выше, чем больше отражающая поверхность.

Обычный радиоприёмник имеет приспособление для настройки на волну нужной радиостанции. Оно представляет собой перестраиваемый фильтр, который усиливает радиоизлучение только на волне выбранной станции и не пропускает (подавляет) сигналы станций, работающих на близких волнах. В отличие от земных радиостанций космические радиоисточники, как правило, излучают в широком диапазоне радиоволн. Поэтому и радиоастрономический приёмник должен иметь чувствительность по возможности в более широком диапазоне. Такой приёмник называется *радиометром*.

Расширению полосы приёма препятствуют в основном помехи от наземных радиостанций. Поэтому для радиоастрономии международными соглашениями выделены специальные интервалы длин волн, которые запрещается использовать любым наземным радиосредствам.

Крупнейший в мире 300-метровый радиотелескоп с параболической антенной сооружён в 1963 г. в Аресибо, на острове Пуэрто-Рико. Он сконструирован, построен и эксплуатируется Национальным центром астрономических и ионосферных исследований США. Телескоп расположен в огромном естественном котловане в горах. На высоте 150 м над поверхностью гигантского неподвижного зеркала укреплена на стальных тросах 600-тонная платформа, на которую можно подняться по полукилометровому подвесному мосту или по канатной дороге. Подвижная часть платформы поворачивается вокруг собственной оси. По рельсам вдоль платформы перемещается управляемая компьютером кабина с облучателями и приёмниками — так радиотелескоп наводится на исследуемый источник. Из-за неподвижности антенны наблюдения любого источника не могут продолжаться более двух часов. Но этот недостаток компенсируется огромной площадью зеркала, обеспечивающей высокую чувствительность. Радиотелескоп в Аресибо отличается от многих других также тем, что он может служить и передающей антенной. В таком режиме выполнены уникальные эксперименты по радиолокации Солнца, Луны и планет Солнечной системы.

В 1972 г. в Германии построен 100-метровый полноповоротный радиотелескоп. Он сооружён в ущелье невысоких гор в 50 км от Бонна, вблизи небольшого городка Эффельсберг. Радиотелескоп имеет достаточно высокую точность поверхности, что позволяет использовать его даже на волне 4 мм. Угловое разрешение телескопа на такой короткой волне составляет около 10″. Радиотелескоп в Эффельсберге до сих пор считается крупнейшим в мире полноповоротным радиотелескопом.

Радиотелескопов с диаметром зеркала больше 50 м единицы. Вторым в Европе по размеру после Эффельсбергского является 76-метровый радиотелескоп на обсерватории Джодрелл-Бэнк. Он эффективно используется только в дециметровом диапазоне волн, так как точность поверхности зеркала не очень высокая.

В 1994 г. в России начал работать 64-метровый радиотелескоп, третий по величине в Европе. Он расположен недалеко от города Калязина на Волге, в 180 км к северу от Москвы.

Крупным отечественным радиотелескопом является РАТАН-600 (Радиотелескоп Академии наук диаметром 600 м), сооружённый в 1976 г. на Северном Кавказе, близ станицы Зеленчукской. Зеркало этого телескопа не покрывает всю площадь круга, а представляет собой кольцо диаметром 600 м, собранное из 895 алюминиевых щитов высотой 7 м. Угловое разрешение такой системы определяется диаметром кольца и составляет на волне 3 см около 10″. В реальных наблюдениях всё кольцо сразу используется редко. Телескоп разбит на секторы: северный, южный, восточный и западный. Щиты каждого сектора ориентируются на выбранный источник, а в фокусе каждого сектора установлен облучатель, который может перемещаться, обеспечивая наблюдения данного источника в течение нескольких минут.

До сих пор были рассмотрены радиотелескопы, на которых вся энергия радиоволн фокусируется с помощью зеркала или системы зеркал на общий облучатель и усиливается затем одним приёмником. Есть другой тип радиотелескопа: излучение принимается независимыми антеннами, усиливается на каждой антенне и передаётся по кабелям или волноводам для общего суммирования сигнала. Длину кабелей подбирают так, чтобы сигналы ото всех антенн поступали на суммирующее устройство в одной фазе (синфазно). Тем самым осуществляется электрическая фокусировка всей антенной системы. Подобные радиотелескопы называются *синфазными антеннами*.

На радиоастрономической станции ФИАН в городе Пущино Московской области работает Большая синфазная антенна (БСА), представляющая собой поле взаимосвязанных дипольных антенн длиной 300 м и шириной 400 м. Эффективная собирающая площадь БСА почти такая же, как у радиотелескопа в Аресибо. БСА работает на волне 3 м. На этом радиотелескопе исследуются прежде всего пульсары и ядра галактик.



ИНФРАКРАСНАЯ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ВСЕЛЕННАЯ

ОТКРЫТИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В 1800 г. Уильям Гершель проделал эксперимент, который открыл «эру невидимого» в астрономии. Учёный решил проверить, одинаково ли греют лучи разных частей спектра. Пропустив пучок солнечного света через призму, он разложил вдоль радужной полоски термометры так, чтобы они освещались лучами разных цветов. А один термометр он поместил за границей цветной полоски, рядом с красным краем спектра. Оказалось, что термометр, на который не попадало никаких видимых лучей, тоже нагревался! Значит, заключил Гершель, помимо видимого излучения есть ещё невидимое; он назвал его *инфракрасным*.

Сегодня известно, что инфракрасное излучение занимает обширный участок спектра электромагнитных волн между радиоволнами и красным светом: от 1 мм (1000 мкм) до 0,8 мкм. Впрочем, земная атмосфера для большей части инфракрасных лучей непрозрачна (она пропускает лишь излучение в диапазоне 0,75 — 5 мкм). Главными поглотителями этого излучения являются водяной пар и углекислый газ. Последний — основной виновник разогревания атмосферы вследствие так называемого парникового эффекта.

КАК ПОЙМАТЬ НЕВИДИМКУ?

В XIX в. для обнаружения инфракрасного излучения астрономы пользовались *термопарами* — двумя соединёнными проволочками из разных металлов. Если место их соединения нагревают ИК-лучи, то на концах проволочек возникнет электродвижущая сила. Измеряя её, можно узнать интенсивность ИК-лучей, попавших на термопару, а по ней — и температуру небесного тела. Именно так в прошлом веке определили температуру поверхности Луны, а затем и планет.

Следующим шагом стало создание *болометра*. Главным элементом этого прибора является зачернённая полоска фольги специального состава, поглощающая ИК-лучи. Электрическое сопротивление фольги меняется при повышении температуры. Измерив это изменение, также можно установить интенсивность падающего на неё инфракрасного излучения. В настоящее время в качестве детекторов с успехом применяют и полупроводниковые кристаллы.

И всё же чувствительность этих приборов остаётся невысокой, а трудности измерений очень велики. Ведь в инфракрасном диапазоне излучают не только звёзды и планеты, но и все предметы вообще, в том числе детали аппаратуры, «забивая» слабый сигнал от небесных тел. Чтобы ослабить эти помехи, аппаратуру охлаждали — сначала «сухим льдом» (твёрдой углекислотой), позднее жидким азотом и наконец жидким гелием. Для уменьшения собственного излучения начали охлаждать и сами детекторы. Только после этого чувствительность аппаратуры стала удовлетворять требованиям астрономов.

В качестве собирающих устройств в инфракрасных телескопах используются обычные вогнутые зеркала, как и при оптических наблюдениях. Однако требования к точности обработки отражающей поверхности здесь значительно ниже, поэтому изготовление рефлекторов с диаметрами зеркал 2—4 м особых технических сложностей не представляет.

Наблюдения в ИК-лучах можно выполнять при помощи наземных телескопов, установленных высоко в



РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

Даже у самых больших радиотелескопов угловое разрешение редко бывает лучше 1′, что соответствует зоркости невооружённого глаза, в то время как оптические телескопы обеспечивают в сотни раз более высокое разрешение. Чтобы существенно увеличить угловое разрешение, радиоастрономы используют интерферометры.

Простой радиоинтерферометр состоит из двух радиотелескопов, удалённых на некоторое расстояние. Разрешающая сила такой системы определяется уже не диаметром антенны каждого телескопа, а расстоянием между ними, которое называется базой радиоинтерферометра.

Современные многоэлементные интерферометры могут состоять из десятков радиотелескопов. Наблюдение источника продолжается много часов. По мере вращения Земли радиотелескопы занимают в пространстве различные положения, как бы заполняя постепенно огромное зеркало воображаемого телескопа. Такие многоэлементные интерферометры называются *системами апертурного синтеза*.

Угловое разрешение самой большой в мире системы апертурного синтеза — VLA — составляет около 0,05″ на волне 1,3 см, что во много раз превышает возможности любого оптического телескопа на Земле. VLA (Very Large Array, в переводе с английского — «очень большая решётка») состоит из 27 полноповоротных 25-метровых радиотелескопов, размещённых в виде Y-образной конфигурации с максимальным расстоянием около 20 км между крайними телескопами. VLA расположена на плато, на высоте 2000 м, в 80 км к западу от города Сокорро в штате Нью-Мексико. Принадлежит VLA Национальной радиоастрономической обсерватории США — крупнейшему радиоастрономическому центру в мире. Общая собирающая площадь этой системы соответствует параболическому телескопу с диаметром зеркала 120 м. Изображение исследуемого источника строится путём сложной математической обработки записанных сигналов. Даже на самых современных компьютерах получение высококачественного радиоизображения может потребовать нескольких сот часов вычислительного времени.

В Нидерландах с 1970 г. функционирует система, состоящая из 14 радиотелескопов диаметром 25 м, расположенных в направлении восток — запад с максимальным удалением 2,8 км. Наивысшее угловое разрешение интерферометра составляет 4″, а общая собирающая площадь равноценна радиотелескопу диаметром 93,5 м.

В Великобритании действует радиоинтерферометр MERLIN (Multi-Element Radio Linked Interferometer Network — «многоэлементная интерферометрическая сеть с радиосвязью»). В систему входит семь радиотелескопов, максимальное расстояние между которыми 230 км. Только один из них был построен специально для этой системы, он является копией радиотелескопа VLA; остальные раньше работали по независимой программе. Они были связаны в единую сеть путём передачи сигналов от каждого телескопа в центр корреляции по радиолиниям. Максимальное угловое разрешение MERLIN не уступает VLA и составляет 0,05″ на волне 6 см. Под таким углом будет видна монета диаметром 2 см с расстояния почти 100 км!

В Южном полушарии, в Австралии, с 1990 г. работает система апертурного синтеза, которая называется «Австралийский телескоп — компактная решётка». Система состоит из шести радиотелескопов диаметром 22 м. Они передвигаются по рельсам на расстояния в пределах 3 км.

А можно ли удалить звенья интерферометра на тысячи километров друг от друга? Ведь тогда угловое разрешение составит тысячные доли секунды. Эта задача также была решена радиоастрономами, а подобная система получила название *радиоинтерферометр со сверхдлинной базой* (РСДБ). Он объединяет радиотелескопы, находящиеся в разных странах, а иногда и на разных континентах.

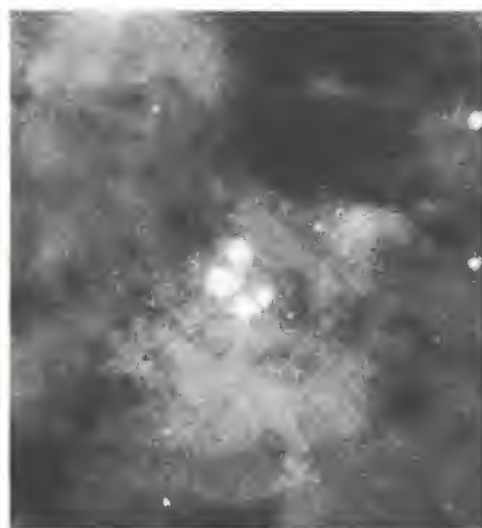
В системах со сверхдлинными базами сигналы, принятые на отдельных радиотелескопах, записываются сначала на магнитную ленту. Лишь через несколько дней или даже недель все записи поступают в центр обработки. Для успешной работы РСДБ-сети необходимо выполнение нескольких условий. На каждом телескопе вместе с радиоизлучением исследуемого источника на магнитную ленту записывается код точного времени. Точность привязки времени должна составлять миллионные доли секунды. Расстояния между всеми телескопами нужно знать буквально до нескольких сантиметров, чтобы скомпенсировать задержки сигналов между ними. Таким образом, РСДБ-измерения являются наиболее сложными и высокоточными в радиоастрономии.

В настоящее время работает глобальная сеть РСДБ, объединяющая крупные телескопы Европы, США, Австралии и других стран. В РСДБ-экспериментах иногда участвует более 20 радиотелескопов.

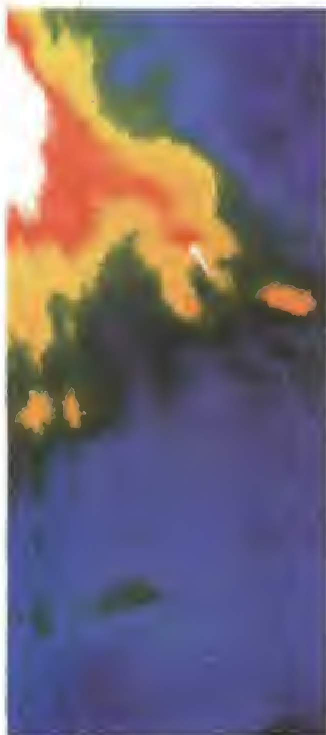
Современная глобальная РСДБ-сеть даёт максимально возможное угловое разрешение на Земле. Оно в несколько тысяч раз выше, чем у любого оптического телескопа. За 50 лет угловое разрешение радиоастрономических измерений улучшилось почти в миллиард раз! И всё-таки специалисты собираются увеличить его ещё на порядок. Для этого в ближайшие годы планируется создать наземно-космические радиоинтерферометры, в которых космические радиотелескопы будут работать совместно с наземной глобальной РСДБ-сетью.



Трапеция Ориона в обычных (слева) и в инфракрасных лучах. На правой фотографии хорошо заметно молекулярное облако — область звёздообразования.







Формирующаяся звезда Барнард 5 (отмечена стрелкой). Съёмка инфракрасной обсерватории IRAS.

вые сумел взглянуть на небо в невидимых «тепловых» лучах. Результаты оказались впечатляющими.

На инфракрасном небе пропали яркие голубые и белые звёзды. Исчезли с небосвода созвездия Большой Медведицы, Ориона, Кассиопеи, не стало Сириуса, Проциона, Ригеля. Яркие красные звёзды — Бетельгейзе, Антарес, Альдебаран — мало изменились в блеске. Но появились и другие звёзды, которых раньше не было видно на небосводе: тусклые тёмно-красные источники, похожие на тлеющие угольки.

Многие из них — даже ещё не звёзды, а протозвёзды, т. е. сгущения межзвёздной среды, сжимающиеся под действием собственного тяготения. Это холодные газовые шары, окружённые газопылевыми оболочками. В некоторых из них только начинаются ядерные реакции, характерные для «настоящих» звёзд. Не исключено, что одновременно с образованием звёзд идёт и формирование планетных систем. Именно такие удивительные объекты обнаружены в созвездиях Тельца, Лебедя и Ориона, в том числе в знаменитой туманности Ориона.

Источником сильного инфракрасного излучения может стать и горячая звезда, если она окружена облаком пыли или пылевым диском. Пыль поглощает коротковолновое и видимое излучение и переизлучает его энергию в инфракрасных лучах. Примером может служить Вега, окружённая диском, от которого исходит мощное ИК-излучение.

Орбитальный телескоп IRAS исследовал излучение центральной области Млечного Пути в длинноволновой части инфракрасного диапазона.

То, что центр нашей Галактики испускает ИК-лучи, было известно давно. Ещё в 1951 г. советские астрономы первыми получили снимки галактического центра в сравнительно коротковолновых ИК-лучах. В качестве приёмника излучения они использовали техническую новинку того времени — электронно-лучевую трубку, фотокатод которой чувствителен к инфракрасным лучам. В результате было обнаружено излучение звёзд ядра, видимый свет которых

Инфракрасное изображение туманности, окружающей звёздное скопление Плеяды.





и обеспечивает мазерное радиоизлучение.

Мазерное излучение наблюдается не только для молекул OH, но и для многих других. Наиболее мощные мазеры обнаружены для молекул водяного пара на волне 1,35 см. Сейчас известно несколько сот источников мазерного излучения в линиях гидроксила и водяного пара в областях звёздообразования и вблизи красных старых звёзд. Мазерный механизм работает в плотных межзвёздных облаках, где число частиц в кубическом сантиметре пространства может достигать миллиона или даже миллиарда.

ЭХО ДРУГИХ МИРОВ

Наряду с радиоастрономией, которая изучает небесные светила по их собственному излучению, существует радиолокационная астрономия. Она исследует тела Солнечной системы по отражённым радиосигналам, полученным в ответ на посланные к этим объектам специально закодированные мощные радиоимпульсы с наземных передающих антенн. Одним из важных достижений радиолокационной астрономии является высокоточное определение расстояний до Луны, Солнца и планет. Без этого полёты межпланетных станций вряд ли были бы возможны.

С помощью радиолокации вычисляют и скорости орбитального движения планет, а также скорости их вращения вокруг оси. Радиолокация Меркурия показала, например, что он отнюдь не обращён к Солнцу всё время одной стороной, как считали раньше, а медленно поворачивается относительно светила, совершая три оборота вокруг своей оси за два меркурианских года. Период вращения Венеры был найден тоже только благодаря радиолокации, потому что твёрдая поверхность этой планеты всегда скрыта от наблюдателей облаками.

Наиболее впечатляющие результаты дали радиолокационные исследования рельефа поверхности Венеры, много лет проводившиеся с помощью 300-метрового радиотелескопа в Аресибо. Мощность передатчика составляла 400 кВт. Так была составлена первая карта рельефа Венеры с разрешением в несколько километров. Более детальная радиолокационная карта получена с американской межпланетной станции «Магеллан». На ней видны многочисленные детали поверхности планеты — словно с неё сняли непрозрачное атмосферное покрывало.

РАДИОВСЕЛЕННАЯ

СПОКОЙНОЕ И БУРНОЕ СОЛНЦЕ. Солнце — самый яркий радиоисточник на небе, но только потому, что оно намного ближе к Земле, чем другие объекты. Если Солнце поместить на расстоянии ближайших звёзд, то его можно будет увидеть невооружённым глазом, но не удастся заметить даже на самых крупных радиотелескопах. В радиодиапазоне Солнце излучает лишь очень небольшую часть своей энергии. Что же представляет собой это излучение?

Радиоизлучение Солнца делится на два вида: излучение спокойного Солнца и радиовсплески. Радиоизлучение спокойного Солнца наблюдается в минимумах солнечной активности, которая имеет в среднем 11-летний цикл. Это излучение возникает главным образом в протяжённой солнечной атмосфере. Проявления активности Солнца — выбросы плазмы, наблюдаемые в оптике в виде вспышек и протуберанцев, — сопровождаются радиовсплесками, т. е. резким и кратковременным увеличением интенсивности радиоизлучения в миллионы раз.

Сами выбросы плазмы движутся с огромными скоростями и через какие-то десятки минут достигают района Земли. Они воздействуют на земную ионосферу, зажигают полярные сияния, вызывают магнитные бури, нарушают коротковолновую радиосвязь. К счастью, магнитное поле Земли отклоняет поток заряженных частиц и запирает их в «ловушке» — магнитосфере. Но находящиеся на околоземной орбите космонавты могут пострадать от повышенной радиации. В общем, наблюдения за активностью Солнца и прогнозирование этой активности имеют большое практическое значение. Преимущество радиослужбы Солнца по сравнению с оптической состоит в том, что она работает при любой погоде.

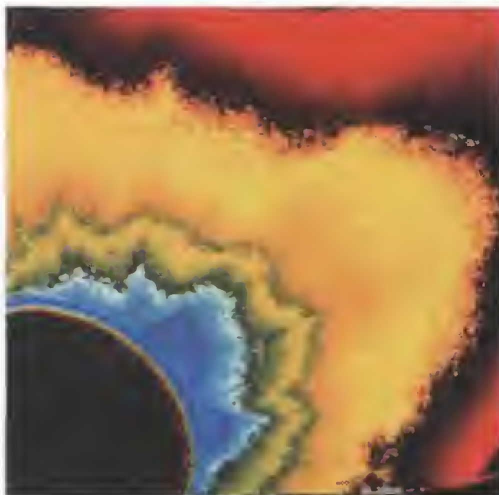
ПУЛЬСАРЫ. История открытия пульсаров весьма поучительна. В первые годы своего развития радиоастрономия больше всего страдала от недостаточной «остроты зрения». Изображения радиоисточников выглядели расплывчатыми, как бы несфокусированными. Годились в дело любые методы, помогавшие отличить протяжённые ис-



миссию — быть «главным ионизатором» рассеянного (т. е. не заключённого в звёзды) вещества.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА

В излучении Солнца должно быть довольно много ультрафиолетовых лучей, значительно больше, чем это наблюдается с Земли, поскольку их поглощает земная атмосфера. Запуски беспилотных шаров-зондов, поднимавших на высоту 30 и более километров измерительные приборы и радиопередатчики, показали, что выше 25—28 км температура воздуха растёт, достигая максимума на уровне 30—35 км. Ещё выше температура снова падает, а интенсивность УФ-лучей увеличивается. Учёные сделали вывод, что на высоте 30—35 км происходит интенсивное поглощение солнечного ультрафиолетового излучения с образованием озона — вещества, молекула которого состоит из трёх (а не двух, как обычно) атомов кислорода. Озон очень сильно поглощает лучи с длинами волн короче 0,3 мкм, спасая нас от их опасного воздействия на кожу и органы зрения. Вот почему тревогу вызывает существование озоновых дыр — через эти разрывы в озоновом слое солнечные УФ-лучи достигают земной поверхности. Одной из причин разрушения озонового «щита» служат выбросы в атмосферу фторуглеродных соединений, широко используемых в холодильниках.



Солнечная корона в ультрафиолетовых лучах.

Но не только на образование озона расходуется энергия солнечных УФ-лучей.

Радиоволны, как и все электромагнитные волны, должны распространяться прямолинейно. Значит, поскольку Земля — шар, радиосвязь между Европой и Америкой невозможна? Итальянский радиотехник Гульельмо Маркони осуществил в 1901 г. прямую радиосвязь между Англией и США, раз и навсегда доказав, что радиоволны могут огибать земной шар. Для этого им надо отразиться от какого-то «зеркала», висящего над земной поверхностью на высоте 150—300 км. Таким «зеркалом» служат ионизованные слои атмосферы, а источником ионизации — ультрафиолетовое излучение Солнца. Словом, УФ-лучи властно вторгаются в земные дела.

Теперь оставалось немногое: непосредственно измерить интенсивность УФ-излучения Солнца. Создание баллистических ракет позволило исследователям вынести аппаратуру за пределы земной атмосферы, на высоту более 100 км. И первые же запуски увенчались успехом: УФ-излучение Солнца было обнаружено и измерено. Излучение с длинами волн короче 0,15 мкм связано уже не с видимой поверхностью Солнца, а с более высокими и горячими атмосферными слоями. Спектр этого излучения содержит яркие эмиссионные линии (линии испускания), самая сильная из которых (0,12 мкм) принадлежит нейтральному водороду.

С развитием спутниковой астрономии исследование ультрафиолетового излучения Солнца стало её обязательным компонентом. Причина ясна: УФ-излучение контролирует состояние ионизованных слоёв атмосферы, а следовательно, и условия радиосвязи на Земле, особенно в полярных районах. Эта не слишком приятная зависимость от капризов Солнца стала ослабевать лишь в последние десятилетия, с развитием спутниковой связи.



ГИГАНТСКИЕ РАДИОГАЛАКТИКИ. Радиоисточником является практически каждая галактика. Основной поток радиоволн порождается энергичными электронами, которые движутся в слабых магнитных полях межзвёздного пространства. Свой вклад в радиоизлучение вносят и остатки сверхновых звёзд, и газовые туманности, нагретые молодыми звёздами. Но в целом галактики — довольно слабые «радиостанции». Нормальная галактика излучает в радиодиапазоне на несколько порядков меньше энергии, чем в оптической или инфракрасной области спектра. Однако встречаются поразительные исключения — галактики, мощность радиоизлучения которых в тысячи и десятки тысяч раз выше, чем у нашей Галактики или сходных с ней систем. Поэтому они получили название *радиогалактик*.

На расстоянии около 16 млн световых лет от нас, в созвездии Центавра, находится эллиптическая галактика, имеющая обозначение NGC 5128. Это самая близкая к нам галактика с мощным радиоизлучением. С ней связан один из наиболее ярких радиоисточников на небе — Центавр А. Галактика NGC 5128 была хорошо известна и до открытия этого радиоисточника. Обычно в эллиптических галактиках мало пыли и газа (см. статью «Многообразие галактик»), а вот NGC 5128 как бы рассечена на две части широкой тёмной полосой пыли и содержит многочисленные газовые облака. Астрономы считают, что в далёком прошлом здесь могло произойти столкновение гигантской эллиптической галактики с другой звёздной системой, содержавшей большое количество межзвёздного газа. Вероятнее всего, эллиптическая галактика разрушила спиральную. Обогащение эллиптической галактики газом, принесённым спиральной галактикой, и обеспечивает функционирование радиогалактики Центавр А.

На радиоизображениях Центавр А предстаёт в виде центрального источника (он совпадает с ярким облаком в самом центре галактики на оптической фотографии) и двух огромных радиовыбросов, выходящих далеко за пределы оптического изображения. Виден также тонкий мост, связывающий ядро и радиовыбросы.





Радиогалактика Центавр А. На врезке — распределение интенсивности радиоизлучения.

Другая, ещё более грандиозная радиогалактика расположена в созвездии Лебедя. Это самый яркий внегалактический радиоисточник Лебедь А. Он находится на расстоянии около 700 млн световых лет от нашей Галактики. Центральный компактный радиоисточник отождествляется с гигантской эллиптической галактикой, которая, по-видимому, тоже переживает или пережила в прошлом столкновение с другой звёздной системой.

Большинство радиогалактик имеет двойную структуру и компактный источник в центре. Напрашивается объяснение, что центральная галактика посредством какого-то механизма



РЕНТГЕНОВСКАЯ И ГАММА-АСТРОНОМИЯ

ЛУЧИ, НЕ ЗНАЮЩИЕ ПРЕГРАД

В конце XIX в. немецкий физик Вильгельм Рентген открыл невидимые лучи, названные в его честь *рентгеновскими*. Новые лучи привлекли всеобщее внимание своей проникающей способностью: они свободно проходили через слои бумаги, картона, дерева и даже тонкие листы металла (однако, не всякого: свинец, например, оказался для них труднопреодолимым препятствием). Учёные установили, что рентгеновские лучи — это электромагнитные колебания с очень малыми длинами волн и большой энергией квантов — от 1000 до десятков тысяч электронвольт.



Лучи Рентгена очень скоро стали использовать в медицине — для наблюдения внутренних органов; в материаловедении — для выявления скрытых дефектов изделий. Большую роль сыграло их применение в исследовании кристаллов. Дело в том, что межатомные расстояния в кристаллах близки к длинам волн рентгеновских лучей, поэтому отражение и дифракция этих лучей в кристаллах позволяют определить расположение атомов в пространстве. Таким образом были разработаны методы исследования атомной структуры вещества.

Казалось, однако, что для астрономии открытие Рентгена не имеет никакого значения. Более или менее мощный поток рентгеновских лучей от небесных светил возможен лишь в том случае, если температура их приближается к миллионам градусов. А таких температур на поверхностях обычных звёзд быть не может. И никто даже не предполагал, что прямо над нашими головами каждый день появляется источник внеземного рентгеновского излучения. Речь идёт, конечно, о Солнце.

РОЖДЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ АСТРОНОМИИ

Долгое отсутствие каких-либо данных о рентгеновском излучении Солнца объясняется экранирующим действием земной атмосферы, которая поглощает практически всё коротковолновое излучение, идущее из космоса.

Правда, в 30-х гг. XX в. возникло подозрение, что в нарушениях дальней радиосвязи в дневное время повинно рентгеновское излучение. Считалось, что оно, исходя от внеатмосферного источника, создаёт дополнительный ионизованный слой в земной атмосфере на высоте около 80 км (его назвали слоем D). Но для доказательства данной гипотезы требовалось вынести приборы за его пределы. Это стало возможным только в послевоенные годы.

В конце 40-х гг. детекторы рентгеновских лучей на баллистических ракетах были подняты на высоту более 100 км. С их помощью удалось зарегистрировать рентгеновское излучение, испускаемое при солнечной вспышке. Этот своеобразный «магнитный взрыв» на Солнце сопровождается выбросом частиц высокой энергии — солнечных космических лучей — и мощным импульсом рентгеновского излучения. Кроме того, приборы зафиксировали и диффузное (размытое) излучение неба в рентгеновских лучах.

В 60-х гг. были обнаружены два других рентгеновских источника. Один из них оказался связанным с Крабовидной туманностью — газовым остатком сверхновой звезды, второй — со странной звездой в созвездии Скорпиона (она получила обозначение Скорпион X-1). В 70-х гг. регулярные наблюдения со специальных искусственных спутников — рентгеновских обсерваторий «Ухуру» и «Эйнштейн» — обогатили картину неба в рентгеновских лучах новыми деталями.

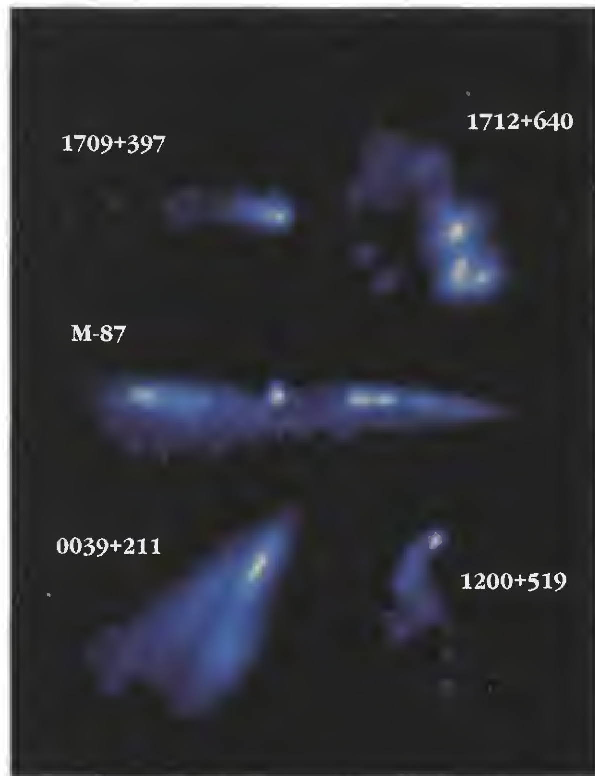


радиоисточников, чтобы провести более тщательные оптические отождествления.

Астрономы предложили оригинальный способ определения координат некоторых радиоисточников. Иногда Луна, двигаясь по небу, проходит перед радиоисточником и закрывает его. Поскольку положение Луны в любой момент известно с большой точностью, необходимо лишь зафиксировать время, когда источник исчезает за лунным диском и когда он появляется вновь.

В 1963 г. Луна должна была пройти перед ярким радиоисточником 3C 273. Наблюдения этого покрытия были организованы на Паркском радиотелескопе в Австралии и потребовали весьма сложной подготовки. Башня Паркского телескопа недостаточно высока, так что зеркало нельзя наклонять к горизонту под углом ниже 30°, иначе оно попросту упирается в землю. Но покрытие 3C 273 Луной происходило ниже! С радиотелескопа пришлось снять несколько тонн металлических конструкций, чтобы сделать наблюдения возможными. За несколько часов до покрытия источника Луной по местным широковещательным радиостанциям было передано сообщение с просьбой не включать никаких передатчиков. Дороги вблизи радиотелескопа патрулировались, чтобы не пропускать случайные автомобили.

Эти меры оказались не напрасными. Наблюдения прошли успешно, и радиоисточник 3C 273 удалось отождествить со звездой 13-й звёздной величины. Для астрономов это яркая звезда. При внимательном рассмотрении обнаружилось, что из неё исходит светящийся выброс протяжённостью 20″. Чтобы узнать, что собой представляет звезда, нужно получить её оптический спектр. У радиоисточника 3C 273 он оказался совершенно непохожим на спектр звезды какого-либо класса и содержал яркие линии излучения, характерные для газовых туманностей. Как выяснилось, эти линии принадлежат обычным химическим элементам, но они сильно смещены в красную сторону, что соответствует



Радиоизображения некоторых квазаров.

удалению 3C 273 от Земли со скоростью около 50 000 км/с. Все галактики участвуют в общем расширении Вселенной и удаляются друг от друга со скоростями тем большими, чем больше расстояния между ними. Коэффициент пропорциональности в этом законе расширения Вселенной, открытом американским астрономом Эдвином Хабблом, называется *постоянной Хаббла*. Зная скорость удаления галактики, можно определить расстояние до неё. Источник 3C 273 оказался дальше большинства известных галактик, на расстоянии более миллиарда световых лет.

К настоящему времени открыты тысячи квазаров. Не все, но многие из них являются мощнейшими радиоисточниками. 3C 273 — один из самых близких. Большинство квазаров находятся на расстояниях 10—15 млрд световых лет от нас, т. е. почти на границе наблюдаемой Вселенной. Что же это за объекты, которые выглядят как звёзды, удалены на гигантские расстояния и излучают энергии в де-





Рентгеновское изображение квазара.

секунду, сильно уплотняется и разогревается до температуры свыше миллиона градусов. Двойная звезда превращается в мощный источник рентгеновских лучей!

Если газ падает в область магнитных полюсов нейтронной звезды, то её быстрое вращение делает принимаемое рентгеновское излучение переменным. Такие источники называются *рентгеновскими пульсарами*. Их известно несколько десятков.

Неспокойным, наполненным бурными событиями, катастрофами и взрывами невиданных масштабов предстаёт перед нами космос в рентгеновских лучах. Как он не похож на тихий, спокойный почти неизменный мир в видимом свете с безмолвным мерцанием тысяч звёзд!

ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ

Во всех курсах физики — от школьного до университетского — описывается такой эксперимент: свинцовая коробочка с маленьким отверстием сверху, наполненная солью радия, ставится под фотопластинку. На проявленной пластинке обнаруживается пятно — признак того, что радий испускает какие-то лучи. (Именно таким образом в 1896 г. французский учёный Антуан Анри Беккерель открыл явление радиоактивности.) Если же поместить коробочку с радием между полюсами сильного магнита, на фотопластинке появятся три пятна: одно — точно над отверстием, второе будет немного смещено в сторону, а третье — тоже смещено, но гораздо больше и в противоположную сторону. Очевидно, радиоактивное вещество испускает частицы трёх видов: заряженные положительно (отклоняются слабо), заряженные отрицательно (отклоняются сильно) и лишённые электрического заряда (вообще не отклоняются). Они получили соответственно названия альфа-, бета- и *гамма-лучей*. Вскоре выяснилось, что альфа-лучи — это поток ядер гелия, бета-лучи — поток быстрых электронов, а гамма-лучи — родственники света, электромагнитные волны, более короткие, чем рентгеновские, с длинами волн в стотысячные доли микрометра (и даже ещё меньше).

Если лучи видимого света порождаются атомами, то гамма-лучи — в основном атомными ядрами. Атом способен перейти в возбуждённое состояние, поглотив порцию (квант) энергии; вслед за тем, возвращаясь в основное состояние, он испускает свет, образующий те самые линии, которые мы видим в спектроскопе. Точно так же возбуждённое, т. е. поглотившее энергию, ядро способно излучать её, но уже в виде гамма-лучей.

В полном соответствии с законами квантовой механики гамма-лучи из-за очень малой длины волны, а следовательно, мощной энергии квантов, гораздо больше похожи по поведению на поток частиц, чем на волны. Поэтому их, как правило, характеризуют не длиной волны, а энергией квантов: вместо «излучение с длиной волны 10^{-6} мкм» предпочитают говорить «гамма-квант с энергией 1,2 МэВ».

Гамма-лучи испускаются не только возбуждённым атомным ядром. Они могут возникать при столкновении высокоэнергичных частиц, так

влений на небе. Пензиас и Уилсон в 1965 г. опубликовали в «Астрофизическом журнале» статью под заголовком «Измерение избытка антенной температуры на частоте 4080 мегагерц». В 1978 г. они были удостоены Нобелевской премии за своё открытие.

Сейчас твёрдо установлено, что трёхградусное радиоизлучение, приходящее с любого направления на небе, представляет собой излучение горячей Вселенной, оставшееся от эпохи рекомбинации. Обнаружение фонового излучения, которое было названо *реликтовым*, со всей убедительностью подтвердило модель горячей расширяющейся Вселенной.

Распределение энергии в спектре реликтового излучения соответствует температуре 2,7 К независимо от того, в каком направлении его наблюдать. Потому его часто и называют трёхградусным. Лишь высокоточные измерения интенсивности этого радиоизлучения позволили выявить очень слабую неоднородность. Она связана с движением самого наблюдателя. Удалось обнаружить незначительное «уярчение» реликтового фона в том направлении, в котором движется Земля вместе с Солнцем и всей нашей Галактикой (со скоростью в несколько сот километров в секунду) относительно общего электромагнитного поля реликтового излучения, которое как бы задаёт «абсолютную» систему координат во Вселенной.



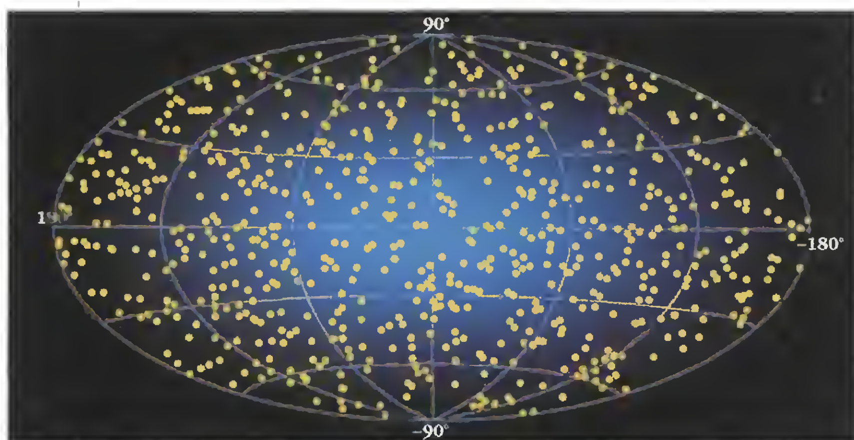
Наиболее мощная система радиотелескопов VLA.

* * *

Современная радиоастрономия занимается также такими проблемами, как поляризация космического радиоизлучения; космологические исследования, основанные на статистических подсчётах радиоисточников; плазменные механизмы генерации радиоизлучения; особенности распространения радиоизлучения в межзвёздной среде. В сущности это ещё молодая наука. Многие таинственные явления и объекты ждут своих исследователей!







Распределение гамма-вспышек на небесной сфере.

космических лучей с атомами межзвёздного газа. Конечно, часть фонового излучения относится к внегалактическим источникам, однако их доля невелика. Помимо «размазанного» фона чётко просматриваются яркие пятна — дискретные (отдельные) источники гамма-лучей. Обнаружено несколько десятков таких источников. Чаще всего они наблюдаются вблизи плоскости галактического экватора, и это прямо свидетельствует об их космической близости и принадлежности к нашей Галактике.

Разрешение современных гамма-телескопов невелико. Тем не менее целый ряд дискретных источников был отождествлён с известными космическими объектами. Часть из них оказалась связана с пульсарами. Это удалось установить на основании того, что периоды «миганий» пульсаров равны периодам колебаний интенсивности источников гамма-излучения. Например, гамма-источником является пульсар в Крабовидной туманности. Наряду с гамма-лучами он испускает радиоволны, инфракрасные лучи, видимый свет, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение. И всё с одним и тем же периодом «миганий»!

Другим объектом, излучающим гамма-импульсы, оказался пульсар в созвездии Паруса, наблюдавшийся ранее в более длинноволновом диапазоне. Это рентгеновский источник Парус X, тоже остаток сверхновой, но более старый, чем в Крабовидной туманности.

Несколько гамма-источников отождествлены с тесными двойными системами, в которых газ перетекает с массивной звезды на компактный объект (например, Геркулес X-1, Лебедь X-3). Рождение гамма-квантов здесь связано со сложными физическими процессами ускорения частиц в сильном магнитном поле вблизи компактного объекта.

Самый близкий к нам источник гамма-лучей — Солнце. Гамма-излучение возникает при мощных солнечных вспышках. Из самых далёких наблюдаемых гамма-источников можно отметить активные ядра галактик и квазары (например, галактика Маркарян 421, квазары 3С 273, 3С 279).

Но многие гамма-источники пока не удалось отождествить ни с какими объектами. Дело в том, что определить точное положение гамма-источника на небе очень трудно. Гамма-телескопы имеют низкое угловое разрешение (несколько градусов), и только одновременное наблюдение быстро меняющего свою яркость гамма-источника двумя или несколькими удалёнными друг от друга аппаратами позволяет уточнить его координаты.

Наиболее загадочными оказались так называемые *гамма-вспышки*, которые в среднем примерно раз в сутки на короткое время (от нескольких секунд до десятков минут) «загораются» в различных областях неба. Они были открыты в 60-х гг. американскими спутниками, запущенными для слежения за испытанием атомного оружия, и до настоящего времени хранят тайну своей природы. Тысячи гамма-вспышек нанесены на карту неба; они усеивают её практически однородно, не концентрируясь ни к близким звёздам, ни к плоскости Галактики или её ядру, ни к известным скоплениям далёких галактик. Первые отождествления гамма-вспышек с очень слабыми оптическими объектами были получены только в 1997 г.

Существует несколько различных предположений о том, как возникают гамма-вспышки. Многие исследователи связывают их природу с такими экзотическими объектами, как тесные





Галилей показывает дожу телескоп.

тачивающую систему. Имеются сведения о зрительных трубах, изготовленных и продававшихся в Голландии до 1609 г. Главной особенностью Галилеева телескопа было его высокое качество. Убедившись в плохом качестве очковых стёкол, Галилей начал шлифовать линзы сам. Некоторые из них сохранились до наших дней; их исследование показало, что они совершенны с точки зрения современной оптики. Правда, Галилею пришлось выбирать: известно, например, что, обработав 300 линз, он отобрал для телескопов всего несколько из них.

Однако трудности изготовления первоклассных линз были не самым большим препятствием при создании телескопа. По мнению многих учёных того времени, телескоп Галилея можно было рассматривать как дьявольское изобретение, а его автора следовало отправить на допрос в инквизицию. Ведь люди видят потому, думали они, что из глаз выходят зрительные лучи, ощупывающие всё пространство вокруг. Когда эти лучи натыкаются на предмет, в глазу появляется его образ. Если же перед глазом поставить линзу, то зрительные лучи искривятся и человек увидит то, чего в действительности нет.

Таким образом, официальная наука времён Галилея вполне могла считать видимые в телескоп светила и удалённые предметы игрой ума. Всё это учёный хорошо понимал и нанёс удар первым. Демонстрация телескопа, с помощью которого можно было обнаружить далёкие, невидимые глазом корабли, убедила всех сомневавшихся, и телескоп Галилея молниеносно распространился по Европе.

ТЕЛЕСКОПЫ ГЕВЕЛИЯ, ГЮЙГЕНСА, КЕПЛЕРА И ПАРИЖСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Сын состоятельного гражданина польского города Гданьска Ян Гевелий занимался астрономией с детства. В 1641 г. он построил обсерваторию, на





Радиотелескоп РАТАН-600 (Россия).

Эллипсоидальный радиотелескоп «Марк II» размерами 25 x 36 м, входящий в систему MERLIN (Великобритания).

звёздным суткам — периоду обращения Земли вокруг собственной оси. Направленность антенны Янского была довольно низкой, он мог определять положение источника радиоизлучения с точностью лишь около 30°. Тем не менее Янский установил, что «паразитное» радиоизлучение приходит из космоса — от Млечного Пути, причём наибольшая интенсивность его наблюдается в направлении центра нашей Галактики. Результаты своих исследований Янский опубликовал в статье «Электрические помехи внеземного происхождения».

Открытие Янского не сразу было замечено астрономами. Только в 1939 г. другой американский радиоинженер, Гроут Ребер, построивший на собственные средства антенну с параболическим рефлектором диаметром 9,5 м, снова зарегистрировал радиоизлучение Млечного Пути на волне 1,87 м. В течение пяти лет Ребер проводил систематические измерения и в 1942 г. издал первую радиокарту всего северного неба. На ней кроме обнаруженного Янским мощного радиоисточника в центре Галактики отмечено ещё несколько более слабых источников. Они находятся в созвездиях Лебедя, Кассиопеи, Большого Пса, Кормы и Единорога.



В отличие от Янского, который поместил статью в техническом журнале, Ребер направил свою работу в ведущее астрономическое издание — «Астрофизический журнал» («Astrophysical Journal»). Статья Ребера привлекла, наконец, внимание астрономов и радиофизиков, и сразу после окончания Второй мировой войны новая наука — радиоастрономия — стала быстро развиваться.

ЭПОХА ОТКРЫТИЙ

Астрономы и инженеры поняли, что для измерения космического радиоизлучения нужны радиотелескопы гораздо больших размеров, чем антенны Янского и Ребера. Уже в 1947 г. в Великобритании, в университете города Манчестера, был построен неподвижный параболический радиотелескоп диаметром 66 м. В 1950 г. с его помощью удалось зафиксировать слабое радиоизлучение от туманности в созвездии Андромеды, которая является соседней с нами спиральной галактикой. В 1957 г. вблизи Манчестера, в местечке Джодрелл-Бэнк, сооружён поворачивающийся 76-метровый радиотелескоп. В 1961 г. вступил в строй 64-метровый радиотелескоп в Парксе (Австралия), а в 1962 г. — 92-метровый меридианный радиотелескоп на обсерватории Грин-Бэнк в США.

Увеличение размеров радиотелескопов повысило их чувствительность, а также привело к улучшению углового разрешения (оно характеризует угловые размеры самых мелких наблюдаемых деталей). Разрешение тем выше, чем меньше отношение длины волны к диаметру телескопа. Таким образом, благодаря большому диаметру радиоантенны можно получить более «резкое» изображение радиоисточника на данной длине волны.

Уже в 50-е гг. для достижения более высокого углового разрешения



своему. Объектив, укреплённый на шаровом шарнире, помещался на столбе и мог с помощью особого приспособления устанавливаться на нужной высоте. Оптическая ось объектива направлялась на исследуемое светило наблюдателем, поворачивавшим его с помощью прочного шнурка. Окуляр монтировался на треноге.

25 марта 1655 г. Христиан Гюйгенс открыл Титан — самый яркий спутник Сатурна, а также разглядел на диске планеты тень колец и начал изучение самих колец, хотя в то время они наблюдались с ребра. «В 1656 году, — писал он, — мне удалось рассмотреть в телескоп среднюю звезду Меча Ориона. Вместо одной я увидел двенадцать, три из них почти что касались друг друга, а четыре других светили через туманность, так что пространство вокруг них казалось значительно более ярким, чем остальная часть неба, казавшаяся совершенно чёрной. Как будто наблюдалось отверстие в небе, через которое видна более яркая область».

Гюйгенс полировал объективы сам, а его «воздушная труба» оказалась шагом вперёд по сравнению с «длинными трубами» Гевелия. Придуманный им окуляр просто изготовить, и он используется до сих пор.

Высокий уровень мастерства, заложенный Галилеем, способствовал расцвету итальянской оптической школы. В конце XVII в. строилась Парижская обсерватория; она была оснащена несколькими телескопами системы Галилея. С помощью двух таких инструментов и 40-метрового телескопа первый её директор, итальянец Джованни Доменико Кассини, открыл четыре новых спутника Сатурна и изучал вращение Солнца.

Гениальный немецкий астроном Иоганн Кеплер получил телескоп Галилея на короткое время от одного из друзей. Он мгновенно сообразил, какие преимущества приобретёт этот прибор, если заменить рассеивающую линзу окуляра на собирающую. Кеплеров телескоп, дающий в отличие от Галилеева перевёрнутое изображение, применяется повсеместно и по сей день.



Длинный телескоп Гевелия.

РЕФЛЕКТОРЫ НЬЮТОНА — ГЕРШЕЛЯ

Основной недостаток Галилеевых труб — хроматическую аберрацию — взялся устранить Исаак Ньютон. Сначала в качестве объектива он хотел использовать две линзы — положительную и отрицательную, которые имели бы разную оптическую силу, но противоположную по знаку хроматическую аберрацию. Ньютон перепробовал несколько вариантов и пришёл к ошибочному выводу, что создание ахроматического линзового объектива невозможно. (Правда, современники свидетельствуют, что эти опыты он проводил в большой спешке.)

Тогда Ньютон решил покончить с этой проблемой радикально. Он знал, что ахроматическое изображение удалённых предметов строит на своей оси вогнутое зеркало, изготовленное в виде параболоида вращения. Попытки сконструировать отражательные телескопы в то время уже делались, но успехом они не увенчались. Причина была в том, что в применявшейся



Зеркальный телескоп Ньютона.





Субмиллиметровый радиотелескоп диаметром 15 м (Швеция — Европейская южная обсерватория). Установлен в Чили.

астрономы стали использовать *радиоинтерферометры* — системы из нескольких радиотелескопов, соединённых электрическими связями. Благодаря этому удалось определить точные координаты радиоисточника Кассиопея А и отождествить источник Лебедь А с удалённой двойной галактикой. Австралийские исследователи с помощью морского интерферометра, в котором вместо второго радиотелескопа использовался сигнал, отражённый от морской поверхности, отождествили несколько новых радиоисточников: Телец А — с Крабовидной туманностью, Центавр А и Деву А — с далёкими галактиками.

Эти открытия, следовавшие одно за другим, обескураживали астрономов. Почему ближайшая галактика в созвездии Андромеды излучает в радиодиапазоне в миллион раз меньше энергии, чем далёкая галактика в созвездии Лебедя? Как объяснить радиоизлучение Млечного Пути — места концентрации звёзд, газа и пыли в нашей Галактике? Простое сложение излучения звёзд Млечного Пути не давало нужного результата, поскольку обычные звёзды типа нашего Солнца в спокойном состоянии излучают очень мало энергии в радиодиапазоне. Радиоизлучение Солнца к тому времени было измерено и хорошо изучено. Пришлось признать, что астрономические объекты устроены во многом не так, как казалось на основании одних только оптических исследований. Уже к концу 50-х гг. стало ясно, что радиоастрономы открыли новую, невидимую Вселенную.



Гигантский радиотелескоп в чаше кратера Аресибо.



Один из крупнейших в Европе радиотелескопов Эффельсберг. Германия.



строителей: «Не делайте больших скачков».

* * *

Однолинзовые длинные рефракторы достигли в XVII в. мыслимых пределов совершенства; астрономы научились отбирать для их объективов высококачественные заготовки стекла, точно обрабатывать и монтировать их. Развивалась теория прохождения света через оптические детали (Декарт, Гюйгенс).

Без преувеличения можно сказать, что создание современных крупных рефлекторов прочно стоит на заложенном в XVII—XVIII вв. фундаменте. Модифицированная конфигурация Кассегрена осуществляется во всех без исключения современных ночных телескопах. Искусство обращения с металлическими зеркалами, допустимый прогиб которых при любом положении телескопа не должен превышать малых долей микрометра, привело в конце концов к созданию высокосовершенных управляемых ЭВМ оправ зеркал телескопов-гигантов. Оптические схемы некоторых окуляров того времени используются до сих пор. Наконец, именно тогда появились зачатки научных методов исследования формы поверхностей оптических элементов, которые в наши дни выкристаллизовались в законченную научную дисциплину — технологию изготовления крупной оптики.

РЕФРАКТОРЫ XIX СТОЛЕТИЯ

Потребовалось около века, чтобы убедиться в ошибочности утверждения Ньютона о том, что создать ахроматический объектив невозможно. В 1729 г. был изготовлен объектив из двух линз разного стекла, позволивший уменьшить хроматическую аберрацию. А в 1747 г. великий математик Леонард Эйлер рассчитал объектив, состоящий из двух стеклянных менисков (оптическое стекло, выпуклое с одной стороны и вогнутое с другой), пространство между которыми заполнено водой — совсем как в «Таинственном острове» Жюля Верна. Он должен был строить изображения, лишённые цветовой каймы.

Английский оптик Джон Доллонд вместе с сыном Питером предпринял серию опытов с призмами из известного со времён Галилея венецианского стекла (крона) и нового английского сорта стекла — флинтгласа, обладавшего сильным блеском и применявшегося для изготовления украшений и бокалов. Выяснилось, что из этих двух сортов можно составить объектив, не дающий цветовой каймы: из крона следует сделать положительную линзу, а из флинтгласа — несколько более слабую отрицательную. Началось массовое производство Доллондовых труб.

Ахроматическими телескопами занималась вся Европа. Эйлер, Д'Аламбер, Клеро и Гаусс продолжали их расчёт; несколько лондонских оптиков оспаривали в суде взятый Доллондами патент на ахроматический объектив, но успеха не добились. Питер Доллонд разработал уже трёхлинзовый ахромат, по мнению астрономов, очень хороший; иезуитский профессор Руджер Бошкович в Падуе придумал специальный прибор — *витрометр* (от *лат.* vitrum — «стекло») для точного определения показателей преломления оптических стёкол. В 1780 г. Доллонды начали серийный выпуск нескольких типов армейского телескопа со складной трубой. Когда Джон Доллонд выдавал свою дочь замуж (разумеется, за оптика), её приданым служила часть патента на ахроматический объектив.



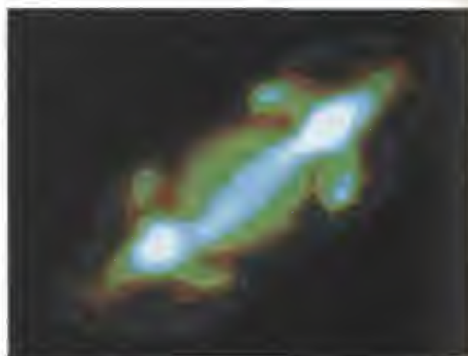
Рефрактор XIX века.

Научный метод изготовления линзовых объективов был введён в практику немецким оптиком Йозефом Фраунгофером. Он наладил контроль поверхностей линз по так называемым цветным кольцам Ньютона, разработал механические приборы для контроля линз (*сферометры*) и проанализировал расчёты Доллонда. Он начал измерять показатели преломления с помощью света натриевой лампы и заодно изучил спектр Солнца, найдя в нём множество тёмных



В 60-е — начале 70-х гг. были открыты квазары, пульсары, межзвёздные мазеры, реликтовое радиоизлучение, обнаружены взрывы звёзд, столкновения целых звёздных систем — галактик. Получила развитие теория механизмов радиоизлучения — теплового, синхротронного, мазерного.

В настоящее время радиоастрономия находится на переднем фронте астрофизических исследований. Обладая самыми чувствительными приёмниками излучения, она изучает наиболее далёкие объекты во Вселенной. Современная радиоастрономия обеспечивает и наивысшее угловое разрешение — способность видеть мельчайшие детали строения небесных радиоисточников. Высокочувствительные и высококачественные радиоастрономические исследования разнообразных уникальных и во многом ещё загадочных объектов Вселенной, несомненно, принесут новые захватывающие открытия.



Радиоизлучение Юпитера. Видны радиационные пояса.

МЕХАНИЗМЫ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. Любое нагретое тело излучает электромагнитные волны. Чем выше температура тела, тем более коротковолновое излучение преобладает в его спектре. Закон распределения энергии в спектре теплового излучения был сформулирован немецким физиком Максом Планком и назван в его честь законом Планка. При температуре 6000 К максимум излучаемой энергии приходится на оптический диапазон. Таков спектр излучения поверхности Солнца. Более горячая звезда излучает большую часть энергии в ультрафиолетовом диапазоне, менее горячая — в инфракрасном. Для того чтобы спектр имел максимум в сантиметровом диапазоне радиоволн, температура источника должна быть всего 3 К (–270 °С).

Сопоставив интенсивность радиоизлучения от исследуемого источника на нескольких длинах волн, можно установить, выполняется ли для него закон Планка (т. е. является ли это излучение тепловым), и если да, то какова температура источника. Измерения показали, например, что радиоизлучение Солнца соответствует значительно более высоким температурам, чем температура его видимой поверхности. Так, температура, определённая по радиоизлучению в сантиметровом диапазоне, оказалась равной примерно 10 000 К, а в метровом диапазоне — 1 000 000 К. Это объясняется тем, что радиоизлучение Солнца возникает в верхних слоях его атмосферы, называемых короной (в оптических лучах она видна только во время полного солнечного затмения). Разогретая до миллиона градусов солнечная корона проявляет себя как источник теплового радиоизлучения.

Тепловыми космическими радиоисточниками являются и тела Солнечной системы (Луна, планеты и их спутники), и облака межзвёздного газа, нагретого ультрафиолетовым излучением горячих звёзд. Но, как правило, мощность этого излучения невелика.

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. *Синхротронное* излучение порождается электронами, движущимися с релятивистскими скоростями (т. е. близкими к скорости света) в магнитном поле. Такое излучение впервые обнаружили в ускорителе частиц — синхротроне. Заряженная частица движется в магнитном поле не по прямой, а по винтовой линии. Размер витков зависит от заряда частицы, её



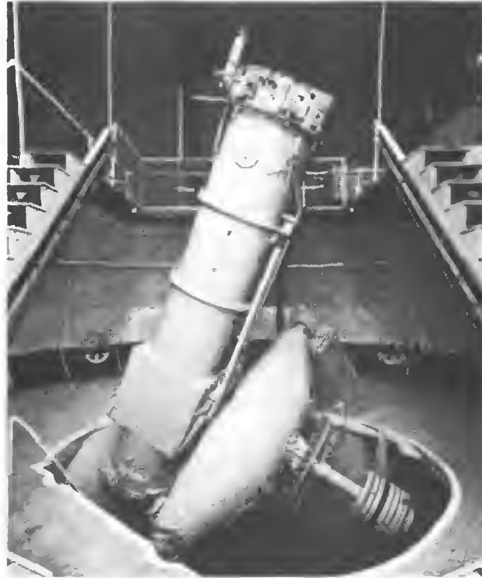
диаметром 80 см. Стало ясно, что у рефракторов Фраунгофера появился грозный конкурент.

В 1879 г. в Англии оптик Коммон изготовил вогнутое стеклянное параболическое зеркало диаметром 91 см. При его изготовлении использовались научные методы контроля. Зеркало приобрёл богатый любитель астрономии Кросслей, который смонтировал его в телескопе. Однако этот инструмент не устроил своего владельца, и в 1894 г. Кросслей объявил о его продаже. Приобрести его, правда бесплатно, согласилась организованная в Калифорнии Ликская обсерватория.

Кросслеевский рефлектор попал в хорошие руки. Астрономы стремились получить от него максимум возможного: новый телескоп применялся для фотографирования астрономических объектов; с его помощью было обнаружено множество неизвестных ранее внегалактических туманностей, похожих на туманность Андромеды, но меньшего углового размера. Стеклянный рефлектор первого поколения показал себя эффективным.

Следующий телескоп такого типа был построен уже на американской земле — также в Калифорнии, на вновь созданной солнечной обсерватории Маунт-Вилсон. Заготовку для зеркала диаметром 1,5 м отлили во Франции; её обработка велась на обсерватории, а механические части были заказаны в ближайшем железнодорожном депо.

Как можно судить по документам, полную ответственность за новый телескоп нёс один человек — оптик Джордж Ричи. Он был, выражаясь современным языком, главным конструктором этого прибора. Основными усовершенствованиями являлись очень хороший часовой механизм, новая система подшипников, устройство для быстрой подвижки фотокассеты в двух направлениях и меры по выравниванию температуры вблизи главного зеркала, чтобы предохранить его форму от искажения из-за теплового расширения. Ричи сам фотографировал небо; время экспозиции доходило до 20 ч (на день кассету с фотопластинкой убирали в тёмное помещение).



Рефлектор Ликской обсерватории.

Результаты не заставили себя ждать: великолепные снимки Ричи до сих пор публикуются в учебниках и популярных изданиях.

Следующий, уже 2,5-метровый рефлектор начал работать в Маунт-Вилсон в 1918 г. Все усовершенствования предшественника и опыт его эксплуатации были использованы при конструировании гигантского по тем временам инструмента.

Новый телескоп был эффективнее предыдущего в том смысле, что на нём обычный, не искушённый в обращении с телескопами астроном мог без труда фотографировать такие же слабые звёзды, какие получались на 1,5-метровом в качестве рекордных. А в руках мастера своего дела этот телескоп позволил сделать открытие мирового класса.

В начале XX в. расстояние до ближайших галактик являлось для астрономов такой же загадкой, как расстояние от Земли до Солнца в начале XVII в. Известны работы, в которых утверждалось, что туманность Андромеды находится в нашей Галактике. Теоретики благоразумно помалкивали; тем временем уже был разработан надёжный метод определения



Измерения в линии 21 см позволили определить плотность, температуру и скорость движения облаков межзвёздного водорода в нашей и соседних галактиках.

РЕКОМБИНАЦИОННЫЕ РАДИОЛИНИИ. Линия 21 см излучается облаками холодного нейтрального водорода, в которых атомы находятся на самом низком — основном — энергетическом уровне, т. е. электрон обращается вокруг протона по ближайшей к нему орбите. Кроме основного состояния у атома имеется бесконечный ряд возможных так называемых возбуждённых состояний, когда электрон обращается вокруг протона по более удалённой орбите с некоторым номером n. Для основного состояния n = 1. В возбуждённом состоянии атом не может находиться долго. В конце концов электрон возвращается на основную орбиту путём одного или нескольких переходов, каждый раз испуская излучение соответствующей длины волны. Переходы между орбитами с большими номерами (к примеру, с номера 110 на 109-й) соответствуют излучению в радиодиапазоне, которое называется *рекомбинационным*.

Возможность наблюдения рекомбинационных радиолиний предсказал русский астроном Николай Семёнович Кардашёв в 1959 г. Эти линии дают богатую информацию о физических условиях в газовых туманностях и в межзвёздной среде. Рекомбинационные линии обнаружены не только у водорода, но также у атомов гелия и углерода, причём углеродные радиолинии наблюдались при переходах между орбитами с рекордно большими номерами — более 700. Длины волн таких линий составляют около 30 м. Они открыты украинским радиоастрономом А. И. Коноваленко на 2-километровом синфазном радиотелескопе УТР-2 вблизи Харькова.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЛИНИИ И МАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. О существовании молекул в межзвёздной среде было известно из наблюдений линий межзвёздного поглощения в спектрах далёких звёзд. Но такие линии, к сожалению, попадают преимущественно в ультрафиолетовый участок оптического диапазона, для которого земная атмосфера недостаточно прозрачна. Поэтому детальные исследования межзвёздных молекул стали возможны только с развитием радиоастрономии. На принципиальную возможность радиоастрономических наблюдений межзвёздных молекул обратил внимание И. С. Шкловский ещё в 1949 г. Он рассчитал длины волн ожидаемых радиолиний молекулы гидроксила (OH). И хотя этих молекул в межзвёздной среде в 10 млн раз меньше, чем водорода, четыре радиолинии OH были найдены в 1963 г. на длинах волн, близких к 18 см.

В 1965 г. американские астрономы обнаружили в направлении туманности Ориона очень яркую и чрезвычайно узкую радиолинию в 18-сантиметровом диапазоне. Хотя точное значение длины волны совпадало с одной из четырёх линий OH, интенсивность линии была столь высока, что учёные вначале приписали её какому-то неизвестному веществу, которое они назвали «мистериум», что значит «таинственный». Однако дальнейшие исследования показали, что линия принадлежит всё-таки молекулам гидроксила, а её аномальные свойства обусловлены особым механизмом излучения. Источник этого излучения именуют *мазером* по начальным буквам английского названия: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation — «усиление микроволн за счёт вынужденного излучения».

Чтобы работал мазерный механизм усиления излучения, число молекул, находящихся на высоком энергетическом уровне, должно быть больше, чем на низком. В нормальных условиях всё как раз наоборот: большинство молекул или атомов пребывает на нижнем энергетическом уровне. Тем не менее оказалось, что при определённых условиях в межзвёздных облаках естественным путём может сложиться такое необычное распределение молекул по энергетическим состояниям. Оно



чайно медленно «приходило в себя». Конструкторы хотели изготовить зеркало из кварца, у которого коэффициент теплового расширения в 15 раз меньше, чем у стекла, но этого сделать не удалось.

Пришлось остановиться на пирексе — разновидности жаропрочного стекла, разработанного для производства прозрачных сковород и кастрюль. Выигрыш в коэффициенте расширения составил 2,5 раза. В 1936 г. со второй попытки зеркало удалось отлить; на тыльной стороне оно имело ребристую структуру, что облегчило массу до 15 т и улучшило условия теплообмена. Обработка зеркала велась на обсерватории; на время Второй мировой войны она была приостановлена и закончилась в 1947 г. В конце 1949 г. 5-метровый телескоп вступил в строй.

Как и в рефлекторах первого поколения, форма его главного зеркала была параболической, наблюдения могли вестись в ньютоновском, кассегреновском, прямом или ломаном фокусах. Последний не перемещается при движении телескопа, и в нём можно устанавливать тяжёлое неподвижное оборудование, например большой спектрограф.

В конструкцию трубы 5-метрового рефлектора были внесены кардинальные изменения: она перестала быть жёсткой. Инженеры разрешили её концам гнуться относительно центра при условии, что оптические детали не будут смещаться друг относительно друга. Конструкция оказалась удачной и до сих пор используется во всех без исключения ночных телескопах.

Пришлось также изменить конструкцию подшипников телескопа. 5-метровый телескоп «плавает» на тонком слое масла, нагнетаемого компрессором в пространство между осью и её подшипниками. Такая система не имеет трения покоя и позволяет инструменту вращаться точно и плавно.

Одним из важнейших результатов работы 5-метрового рефлектора обсерватории Маунт-Вилсон стало достоверное доказательство того факта, что источником энергии звёзд являются термоядерные реакции в их недрах. Настоящий информационный взрыв в области исследования галактик также в значительной степени обязан наблюдениям на этом телескопе.

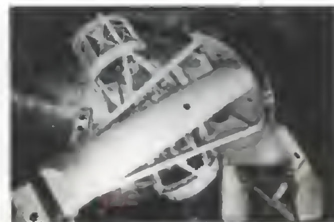
Телескопов второго поколения было изготовлено множество; характерным представителем их является рефлектор диаметром 2,6 м Крымской обсерватории.

Несколько слов о телескопостроении в нашей стране. В 30-х гг. сложилось эффективное сотрудничество между астрономами и создателями телескопов, но ни на одной обсерватории они не были объединены — это произошло позднее. Планировалось изготовить 81-сантиметровый рефрактор, рефлекторы диаметром 100 и 150 см и многочисленное вспомогательное оборудование. Великая Отечественная война помешала полностью осуществить эту программу, и первая серия телескопов небольшого диаметра (до 1 м) появилась в СССР только в 50-е гг. Затем были сооружены два рефлектора диаметром 2,6 м и 6-метровый телескоп. Практически во всех южных республиках СССР были созданы новые или получили значительное развитие уже имевшиеся там обсерватории.

РАЗРАБОТКА РЕФЛЕКТОРОВ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЁРТОГО ПОКОЛЕНИЙ

Работа на рефлекторах второго поколения показала, что 3-метровый телескоп с высококачественной оптикой, установленный в пункте со спокойной атмосферой, может оказаться эффективнее 5-метрового, работающего в более плохих условиях. Это было учтено при разработке рефлекторов третьего поколения.

Конструирование нового телескопа отличается от работ по созданию других видов техники. Современный самолёт испытывается много лет в виде опытных образцов и лишь потом идёт в серийное производство.



5-метровый рефлектор обсерватории Маунт-Паломар (США).



точники типа остатков сверхновых от компактных, каковыми являются ядра галактик и квазары. Один из таких способов состоит в наблюдениях мерцаний радиоисточников.

В ясную ночь можно заметить, что яркие звёзды, особенно находящиеся вблизи горизонта, быстро меняют свой блеск — мерцают. Это связано с особенностями прохождения света сквозь атмосферу: неоднородности воздушной среды искажают пучок лучей, и глаз наблюдателя получает то больше, то меньше света. Однако планеты — Венера, Юпитер, Марс — не мерцают. Дело в том, что планеты представляют собой на небе не точку, а протяжённый диск. Мерцания отдельных точек диска усредняются, и мы видим постоянный блеск. Таким образом, по мерцаниям можно отличить компактный источник излучения от протяжённого. В радиодиапазоне мерцания наблюдаются на неоднородностях межпланетной плазмы, которая выбрасывается из атмосферы Солнца.

В середине 60-х гг. радиоастрономы Великобритании решили провести первый полный обзор северного полушария неба по выявлению мерцающих радиоисточников на волне 75 см. Для этого была сооружена специальная антенная решётка из параллельных рядов медной проволоки. Работу по анализу наблюдений поручили аспирантке Кембриджского университета Джослин Бэлл. Её научным руководителем и организатором всей программы был Энтони Хьюиш.

Мерцания на околосолнечной плазме наблюдаются только в дневное время, когда радиоисточник находится на угловом расстоянии 30—60° от Солнца. Но Джослин решила не выключать самописец, регистрирующий радиоизлучение, даже ночью. День за днём она аккуратно просматривала записи, фиксируя мерцающие радиоисточники. И однажды она нашла быстропеременный источник — «помеху», которая наблюдалась глубокой ночью, когда мерцающих источников не должно было быть. Вскоре Джослин обнаружила, что «помеха» повторяется через 23 ч 56 мин. Вспомнили открытие Янского? Да, этот период соответствует одним звёздным суткам. Значит, источник находится за пределами Солнечной системы.

Хьюиш, Бэлл и другие члены кембриджской группы сделали специальную запись «помехи» с повышенной скоростью самописца. Они увидели, что странный сигнал представляет собой периодические короткие импульсы, точность повторения которых просто феноменальна. Поначалу астрономы даже считали, что обнаружили сигналы внеземной цивилизации. Поэтому несколько месяцев открытие держали в строгом секрете. Первые специальные записи периодического сигнала были сделаны 28 ноября 1967 г., а публикация об открытии появилась лишь в феврале 1968-го. За это время Джослин нашла в своих записях ещё несколько подобных источников. По импульсному характеру излучения они и были названы *пульсарами*. За открытие и интерпретацию радиоизлучения пульсаров Энтони Хьюишу присуждена Нобелевская премия по физике.

В настоящее время установлено, что пульсары представляют собой нейтронные звёзды, образовавшиеся после вспышек сверхновых. Нейтронная звезда — очень экзотический объект. Масса её в полтора раза больше солнечной, а радиус всего около 10 км. Она генерирует узконаправленный поток радиоизлучения. В результате вращения нейтронной звезды этот поток попадает в поле зрения внешнего наблюдателя через равные промежутки времени — так образуются импульсы пульсара (см. статью «Необычные объекты: нейтронные звёзды и чёрные дыры»).

Постоянство периода пульсации объясняется стабильностью вращения нейтронных звёзд. Некоторые пульсары даже используются для контроля за точностью часов.

Сегодня известны уже сотни пульсаров. Ближайшие из них расположены на расстоянии около 100 световых лет от Солнца. Нейтронные звёзды — пульсары — это заключительная фаза эволюции массивных звёзд.

ТЕЛЕСКОП ЧЕТВЁРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Фокусировка (смещение вдоль OZ)
Поворот вокруг оси OX
Смещение вдоль OY
Поворот вокруг оси OY
Смещение вдоль OX
Вторичное зеркало

Схема компьютерного управления вторичным зеркалом телескопа.



Управление формой главного зеркала.

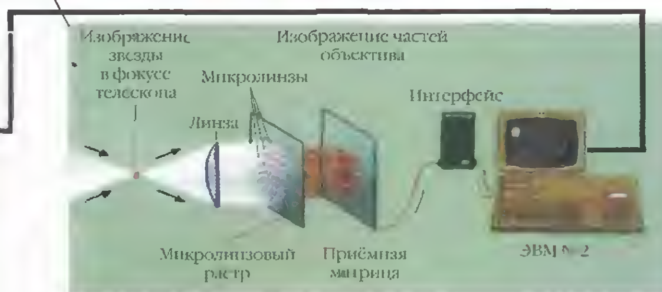


Схема анализатора аберраций.



выбрасывает два противоположно направленных потока релятивистских заряженных частиц и они, двигаясь в магнитном поле, генерируют синхротронное радиоизлучение. Откуда же испускаются направленные потоки релятивистских частиц в течение многих миллионов лет, и что является источником их энергии? В пульсарах, например, источником энергии служит вращение магнитной нейтронной звезды. Предполагается, что в радиогалактиках энергию генерирует так называемая *чёрная дыра* — массивный и весьма компактный объект, образовавшийся в центре гигантской галактики. Для нескольких галактик получены косвенные свидетельства существования чёрных дыр: очень быстрое вращение газа в самом центре галактики, которое требует присутствия компактного массивного тела, не излучающего света (см. также статьи «Необычные объекты: нейтронные звёзды и чёрные дыры» и «Галактики с активными ядрами»).

Межзвёздный газ, находящийся около такой вращающейся чёрной дыры, будет, падая на неё, вовлекаться во вращение. Взаимодействие между частицами газа — вязкое трение — приведёт к образованию плотного газового диска. По мере приближения к чёрной дыре газ должен нагреваться до миллиардов градусов.

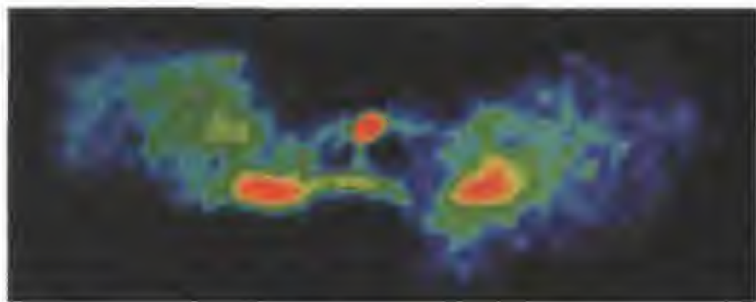
Падающий газ несёт в себе магнитное поле, которое становится очень сильным вблизи чёрной дыры. Его взаимодействие с горячим, быстро движущимся газом в мощном гравитационном поле чёрной дыры приводит к сложным плазменным эффектам, сопровождающимся ускорением заряженных частиц (протонов, электронов) и их выбросом из ядра, а затем и из галактики в форме двух узконаправленных потоков. Возникающее при этом синхротронное излучение электронов и превращает галактику с таким активным ядром в радиогалактику.

Процесс выброса ускоренных частиц может продолжаться десятки миллионов лет, пока не иссякнут запасы газа, способного «упасть» в самый центр галактики. Возникает вопрос: откуда берётся газ для питания чёрной дыры? Является ли он остатками звёзд, подошедших слишком близко к ней и разорванных её гравитационным полем, или газ «упал» на галактику извне? Возможны оба варианта. По-видимому, ядро становится активным тогда, когда эллиптическая галактика, содержащая массивную чёрную дыру и очень мало газа, сталкивается со спиральной, несущей в себе много межзвёздного газа. При слиянии двух галактик в одну систему газ должен образовать вращающийся диск (наподобие наблюдаемого в NGC 5128), причём часть газа, имеющая незначительные скорости вращения, может попасть в самое ядро галактики, стимулируя его активность.

КВАЗАРЫ. Квазар излучает столько энергии, сколько могли бы излучать десятки галактик, собранных вместе. И при этом квазары выглядят точечными звездообразными объектами, за что они и получили своё имя: *квазизвёздные радиоисточники*. Почему же такая энергия выделяется в маленьком объёме? Это основная и пока ещё до конца не раскрытая тайна квазаров.

История их открытия заслуживает внимания. В первые годы развития радиоастрономии положения обнаруженных источников на небе были известны недостаточно точно. Иногда источник радиоизлучения совпадал с каким-нибудь необычным оптическим объектом, в частности с Крабовидной туманностью. Но в большинстве случаев на месте даже ярких радиоисточников ничего примечательного на фотографиях не было. Нужны были точные координаты

Гигантская радиогалактика NGC 6166.





ких около десяти, так что усиление получается огромное. Фотоумножители производятся промышленным способом и широко применяются в ядерной физике, химии, биологии и астрономии. Работа по исследованию источников звёздной энергии была выполнена в значительной степени с помощью ФЭУ — этого простого, точного и стабильного прибора.

Почти одновременно с фотоумножителем в разных странах изобретатели независимо друг от друга создали *электронно-оптический преобразователь* (ЭОП). Он применяется в приборах ночного видения, а специально разработанные высококачественные приборы этого типа эффективно используются в астрономии. ЭОП также состоит из вакуумной колбы, на одном конце которой имеется светочувствительный слой (фотокатод), а на другом — светящийся экран, подобный телевизионному. Выбитый светом электрон ускоряется и фокусируется на светящемся под его действием экране. В современные ЭОП вставляют усиливающую электронное изображение пластинку, составленную из множества микроскопических фотоумножителей.

Значительное распространение в астрономии в последние годы получили так называемые *приборы с зарядовой связью* (ПЗС), уже завоевавшие себе место в передающих телекамерах и переносных видеокамерах. Кванты света здесь освобождают заряды, которые, не покидая специально обработанной пластинки из кристаллического кремния, скапливаются под действием приложенных напряжений в определённых её местах — элементах изображения. Манипулируя этими напряжениями, можно двигать накопленные заряды таким образом, чтобы направить их последовательно по одному в обрабатывающий комплекс. Изображения воспроизводятся и обрабатываются при помощи ЭВМ.

Системы ПЗС очень чувствительны и позволяют измерять свет с высокой точностью. Самые большие приборы такого рода не превосходят по размеру почтовую марку, но тем не менее эффективно используются в современной астрономии. Их чувствительность близка к абсолютному пределу, поставленному природой; хорошие ПЗС могут регистрировать «поштучно» большую часть падающих на них квантов света.



ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕСКОПА

Многие считают, что самая главная характеристика телескопа — его увеличение: чем оно больше, тем больше в телескоп можно увидеть. Это не совсем так: ценность инструмента определяется в первую очередь размерами его объектива. Важнее всего собрать как можно больше света от изучаемого небесного объекта.

Все предметы излучают или отражают свет. Часть его попадает на зрачок глаза, проходит внутрь и вызывает ощущение света. Если света мало, предмет виден плохо или не виден вообще. Если каким-либо образом увеличить количество света, попадающего в глаз, видимость можно улучшить.

Диаметр объектива телескопа гораздо больше, чем зрачок, и собирает намного больше света. Это позволяет регистрировать очень слабые звёзды и другие светила — в 100 млн раз слабее, чем видимые невооружённым глазом.

При наблюдении небесных тел невооружённым глазом существует и другая трудность. Посмотрев на Луну, мы видим на её поверхности тёмные пятна. Сказать что-либо об их природе по внешнему виду довольно трудно, хочется разглядеть более мелкие детали. Однако простому глазу это недоступно, несмотря на достаточное количество света. Понятно, что, если бы видимый размер Луны был гораздо больше, мы смогли бы рассмотреть её подробнее. Пользуясь научной терминологией, мы скажем: угол,



сятки, а то и в сотни раз больше, чем целые галактики? Мощность излучения квазаров наиболее высокой светимости такова, что превышает мощность излучения обычной звезды типа Солнца более чем в тысячу миллиардов раз! Законченной теории квазаров нет, но астрофизики имеют весьма правдоподобную гипотезу.

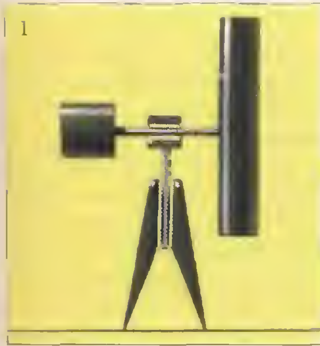
По своим наблюдаемым свойствам квазары похожи на активные ядра известных галактик (см. статью «Галактики с активными ядрами»), только уровень их активности значительно выше. Для них также характерны и бурное движение газа, и сильное радиоизлучение, и выброс струй вещества. Как и активные ядра галактик, квазары являются переменными источниками. Возникло предположение, что все квазары или по крайней мере их значительная часть — это ядра далёких галактик на стадии необычно высокой активности, когда их оптическое излучение имеет столь высокую мощность, что «забивает» излучение самой галактики. Действительно, вокруг многих не слишком далёких квазаров было обнаружено слабое свечение, по-видимому связанное с окружающей их звёздной системой. Иногда даже видны структурные детали, типичные для галактик.

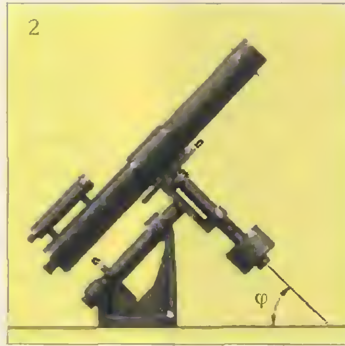
После знакомства с квазарами читатель вряд ли рассчитывает столкнуться с чем-либо ещё более грандиозным. Однако именно это нам сейчас и предстоит. Речь пойдёт о самом важном достижении радиоастрономии — об открытии реликтового радиоизлучения, которое является отблеском Большого Взрыва Вселенной.

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ. По современным представлениям, расширяющаяся Вселенная имела в прошлом огромную плотность вещества и очень высокую температуру. Более 15 млрд лет назад всё вещество, из которого сейчас состоят галактики, представляло собой плотную высокотемпературную плазму. Вещество и излучение находились в термодинамическом равновесии. Примерно через миллион лет после начала расширения температура понизилась настолько, что произошёл захват электронов атомными ядрами, после чего равновесие между излучением и веществом нарушилось. Энергия квантов оказалась недостаточной, чтобы ионизовать нейтральный водород. Поэтому излучение стало проходить через вещество как через прозрачную среду. В момент рекомбинации температура вещества составляла около 3000 К. Не взаимодействующее с веществом излучение должно было навсегда остаться во Вселенной как «память» о раннем периоде её эволюции.

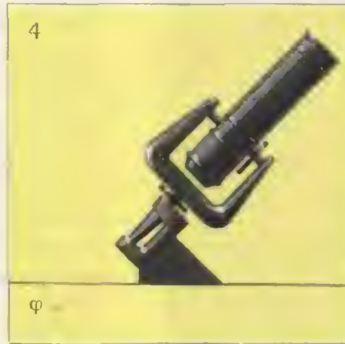
По мере расширения Вселенной излучение охлаждалось, т. е. спектр его соответствовал тепловому излучению среды со всё более и более низкой температурой. По расчёту, выполненному американским астрофизиком Георгием Антоновичем Гамовым ещё в 1948 г., современная температура излучения должна составлять 5—6 К. В начале 60-х гг. астрофизик Роберт Дике готовил со своими коллегами из Принстонского университета США программу поиска такого излучения. Тогда же советские учёные А. Д. Дорошкевич и И. Д. Новиков независимо рассчитали ожидаемый спектр излучения и высказали предположение, что его можно обнаружить.

Тем временем американские инженеры Арно Пензиас и Роберт Уилсон настраивали большую рупорную антенну, предназначенную для ретрансляции телевизионных передач из Америки в Европу через спутник связи на волне 7,3 см. (Всё как во времена Янского!) Измерения показали, что после тщательного учёта шумов от неба, земли, кабелей и самого усилителя, остаётся паразитный сигнал, соответствующий источнику с температурой около 3,5 К. Чтобы выяснить его причину, инженеры разобрали антенну на составные части. Оказалось, что внутри неё два голубя свили себе гнездо. Однако голуби вместе с гнездом создавали лишь часть паразитного сигнала (с температурой 0,5 К). Мистические три градуса устранить так и не удалось. Излучение с такой температурой приходило со всех напра-









МОНТИРОВКИ ТЕЛЕСКОПОВ

Монтировка — способ установки телескопа, при котором он может вращаться вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Это позволяет наводить телескоп на любую область неба и следить за суточным движением светила.

1) Альтазимутальная монтировка.

Одна ось направлена в зенит, другая лежит в горизонтальной плоскости. Такой монтировкой часто снабжены лёгкие переносные телескопы.

2) Параллактическая (немецкая монтировка).

Главная ось направлена на полюс мира. Труба располагается по одну сторону колонны, а по другую — противовес. Преимущество: для слежения за суточным движением звезды телескоп достаточно поворачивать только вокруг одной (главной) оси. Это наиболее распространённый способ установки телескопов средних размеров.

3) Параллактическая (английская монтировка).

Полярная ось опирается на две колонны, либо её заменяет рама. Это придаёт конструкции бо́льшую устойчивость, что важно для крупных (массивных) телескопов. Недостаток: эта конструкция не даёт возможности наводить инструмент на полярную область неба.

4) Вилка (американская монтировка).

Ось вилки направлена на полюс мира. Телескоп установлен на одной колонне но противовеса не требует.

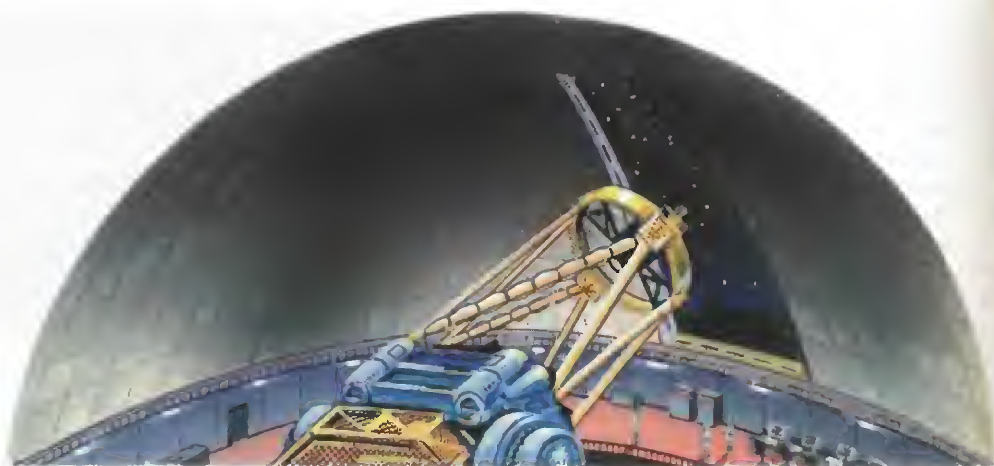
Окуляр использовать не обязательно. Можно поставить в фокусе приёмник света, например фотопластинку. И в этом случае чем больше фокусное расстояние объектива, тем крупнее будет изображение. Взяв два объектива с одинаковыми диаметрами, но разными фокусными расстояниями, мы получим два изображения небесного тела разных размеров. По количество света, попавшего в каждое из них, одинаково, так что освещённость большего изображения окажется меньше.

Если мы хотим, увеличивая размер изображения, сохранить его освещённость, придётся одновременно с увеличением фокусного расстояния объектива увеличивать и его диаметр. Отношение D/F (т. е. диаметра к фокусному расстоянию) называют относительным отверстием или *светосилой объектива*. Если светосилы двух объективов одинаковы, то одинаковы и освещённости изображений небесных тел.

При конструировании телескопа его светосилу рассчитывают, исходя из тех задач, для которых этот телескоп строится. Телескопы с большой светосилой нужны, например, для изучения слабосветящихся туманностей. Наибольшая светосила существующих телескопов равна приблизительно 1/2.

Наконец, очень важной характеристикой телескопа является его поле зрения. Одна фотография на телескопе с большим полем зрения показывает много небесных тел. Но надо позаботиться о том, чтобы и в центре поля зрения, и на его краю изображения звёзд были резкими. Для этого приходится строить специальные телескопы, объектив которых состоит из линзы и зеркала. Такими телескопами являются телескопы Шмидта и Максутова. Они применяются для фотографирования неба. Размер поля зрения у этих инструментов 5 — 6° при хорошем качестве изображений. У больших телескопов-рефлекторов поле не превышает, как правило, 1°. Для сравнения: диаметр Луны на небе около 0,5°.





АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ НА ЗЕМЛЕ И В КОСМОСЕ

ТЕЛЕСКОПЫ — ОТ ГАЛИЛЕЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

ИЗОБРЕТЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА ГАЛИЛЕЕМ

Весной 1609 г. профессор математики университета итальянского города Падуи узнал о том, что один голландец изобрёл удивительную трубу. Удалённые предметы, если их разглядывать через неё, казались более близкими. Взяв кусок свинцовой трубы, профессор вставил в неё с двух концов два очковых стекла: одно — плосковыпуклое, а другое — плосковогнутое. «Прислонив мой глаз к плосковогнутой линзе, я увидел предметы большими и близкими, так как они казались находящимися на одной трети расстояния по сравнению с наблюдением невооружённым глазом», — писал Галилео Галилей.

Профессор решил показать свой инструмент друзьям в Венеции. «Многие знатные люди и сенаторы подымались на самые высокие колокольни церквей Венеции, чтобы увидеть паруса приближающихся кораблей, которые находились при этом так далеко, что им требовалось два часа полного хода, чтобы их заметили глазом без моей зрительной трубы», — сообщал он.

Разумеется, у Галилея в изобретении *телескопа* (от *греч.* «теле» — «вдаль», «далеко» и «скопео» — «смотрю») были предшественники. Сохранились легенды о детях очкового мастера, которые, играя с собирающими и рассеивающими свет линзами, вдруг обнаружили, что при определённом расположении относительно друг друга две линзы могут образовывать уве-



квазары. Они в миллионы раз дальше, чем любая из 1535 главных звёзд, поэтому их взаимное положение на небе практически не изменяется. Квазары очень слабые, и наблюдать их трудно. Зато они излучают не только видимый свет, но и радиоволны. С помощью радиотелескопов можно измерить взаимное расположение квазаров намного точнее, чем с помощью обычных телескопов.

Конечно, можно спросить, что толку от такой точности, если нас интересует движение звезды, не излучающей радиоволны? Оказывается, есть возможность связать положение квазаров со звёздами, используя их слабое видимое излучение. В настоящее время многие астрономы работают над тем, чтобы сделать эту связь как можно более точной.

А пока в качестве фундаментальных звёзд всё же удобнее использовать не квазары, а какие-нибудь достаточно яркие и легко наблюдаемые звёзды. Только желательно, чтобы их было не 1535, а много больше. Для решения этой задачи астрономы и инженеры Европейского космического агентства сконструировали и запустили специальный искусственный спутник Земли «Гиппаркос» (название HIPPARCOS образовано из первых букв английских слов, которые означают «спутник, собирающий параллаксы высокой точности»). Это название напоминает имя древнегреческого астронома Гиппарха, составившего первый дошедший до нас целиком список положений звёзд на небе.

Зачем понадобилось запускать сложный и дорогостоящий спутник? Дело в том, что наблюдения с Земли происходят сквозь атмосферу, которая никогда не бывает спокойной. Мы можем построить очень точные телескопы для измерения движений звёзд, но неспокойствие атмосферы сведёт на нет все наши старания. Наблюдения на спутнике имеют и другие преимущества. Он находится в состоянии невесомости, так что объектив телескопа и другие его детали не изменяют своей формы под действием силы тяжести. Спутник движется вокруг Земли и может наблюдать звёзды как северного, так и южного полушария неба. Наконец, наблюдения на спутнике не прерываются днём или в облачную погоду, как на Земле.

Астрометрический спутник «Гиппаркос».

Спутник «Гиппаркос» работал с августа 1989 по март 1993 г. На нём был установлен телескоп, состоящий только из зеркал, так как применение линз внесло бы ошибки, вызванные разложением света в спектр при преломлении в линзе. Поле зрения было невелико, размером в две Луны на небе. Спутник выполнял, казалось бы,





Ян Гевелий и его квадрант.

которой работал вместе с женой Елизаветой и помощниками. Гевелий сделал следующий шаг в деле усовершенствования зрительных труб.

У телескопов Галилея был существенный недостаток. Показатель преломления стекла зависит от длины волны: красные лучи отклоняются им слабее, чем зелёные, а зелёные — слабее, чем фиолетовые. Следовательно, простая линза даже безупречного качества имеет для красных лучей большее фокусное расстояние, чем для фиолетовых. Наблюдатель будет фокусировать изображение в сине-зелёных лучах, к которым глаз ночью чувствительнее всего. В результате яркие звёзды будут выглядеть как сине-зелёные точки, окружённые красной и синей каймой. Это явление называется *хроматической аберрацией*; разумеется, оно сильно мешает наблюдению звёзд, Луны и планет.

Теория и опыт показали, что влияние хроматической аберрации можно уменьшить, если использовать в качестве объектива линзу с очень большим фокусным расстоянием. Гевелий начал с объективов с 20-метровым фокусом, а самый длинный его телескоп имел фокусное расстояние около 50 м. Объектив соединялся с окуляром четырьмя деревянными планками, в которые было вставлено множество диафрагм, делавших конструкцию более жёсткой и защищавших окуляр от постороннего света. Всё это подвешивалось с помощью системы канатов на высоком столбе; наводился телескоп на нужную точку неба с помощью нескольких человек, по-видимому отставных матросов, знакомых с обслуживанием подвижных судовых снастей.

Линзы Гевелий сам не изготовлял, а покупал их у одного варшавского мастера. Они были настолько совершенны, что при спокойной атмосфере удавалось увидеть дифракционные изображения звёзд. Дело в том, что даже самый совершенный объектив не может построить изображение звезды в виде точки. Из-за волнового характера света в телескоп с хорошей оптикой звезда выглядит как небольшой диск, окружённый светлыми кольцами убывающей яркости. Такое изображение называется *дифракционным*. Если оптика телескопа несовершенна или атмосфера неспокойна, дифракционной картины уже не видно: звезда представляется наблюдателю пятнышком, размер которого больше дифракционного. Такое изображение называют *атмосферным диском*.

Нидерландские астрономы братья Христиан и Константин Гюйгенсы строили Галилеевы телескопы по-

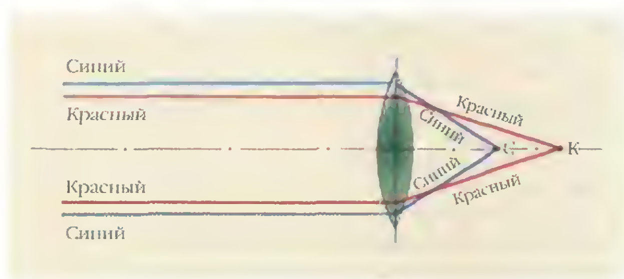


Схема хроматической аберрации.



ми для навигации кодами, могут выполнять свою задачу только в том случае, когда их координаты относительно Земли известны. Для этого специальные службы должны периодически определять их координаты.

В заключение упомянем об одном явлении, связанном с отклонением света в гравитационных полях. Если свет от звезды или квазара проходит вблизи массивного тела, наблюдателю будет казаться, что меняются и яркость, и положение светила, оно может как бы шевелиться на небе. Точно не известно, мимо каких тел проходит свет и каковы их массы, поэтому предсказать и учесть это «шевеление» невозможно, что несколько подрывает авторитет квазаров как фундаментальных небесных тел. Однако вычисления показывают, что такое «шевеление» мало. В то же время, если его удастся выявить, мы получим новый астрометрический способ обнаружения небесных тел, находящихся между нами и квазаром, которые никаким другим способом найти нельзя (см. статью «Гравитационные линзы»).

КОСМИЧЕСКИЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Огромный объём информации о космосе целиком остаётся за пределами земной атмосферы. Бóльшая часть инфракрасного и ультрафиолетового диапазона, а также рентгеновские и гамма-лучи космического происхождения недоступны для наблюдений с поверхности Земли. Для того чтобы изучать Вселенную в этих лучах, необходимо вынести наблюдательные приборы в космос. Ещё недавно внеатмосферная астрономия была уделом мечтателей. Теперь она превратилась в быстро развивающуюся отрасль науки. Результаты, полученные на космических телескопах, без малейшего преувеличения перевернули многие наши представления о Вселенной.

Первые космические обсерватории существовали на орбите недолго, и программы наблюдений на них ограничивались несколькими пунктами. Современный космический телескоп — уникальный комплекс приборов, разрабатываемый и эксплуатируемый несколькими странами в течение многих лет. В наблюдениях на современных орбитальных обсерваториях принимают участие тысячи астрономов со всего мира.

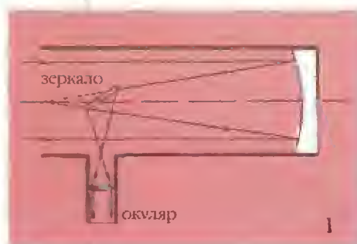
Для успешной работы космической обсерватории требуются совместные усилия самых разных специалистов. Космические инженеры готовят телескоп к запуску, выводят его на орбиту, следят за обеспечением энергией всех приборов и их нормальным функционированием. Каждый объект может наблюдаться в течение нескольких часов, поэтому особенно важно удерживать ориентацию спутника, вращающегося вокруг Земли, в одном и том же направлении, чтобы ось телескопа оставалась нацеленной строго на объект.

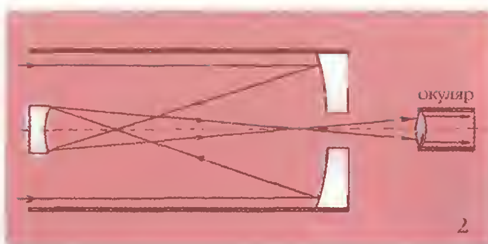
Астрономы собирают заявки на проведение наблюдений, отбирают из них наиболее важные, готовят программу наблюдений, следят за получением и обработкой результатов. Данные, полученные на космических телескопах, в течение некоторого времени доступны лишь авторам программы наблюдений. Потом они поступают в компьютерные сети, и любой астроном может воспользоваться ими.

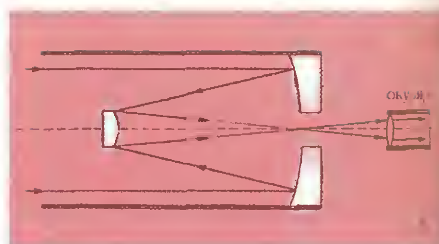
ИНФРАКРАСНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Для проведения инфракрасных наблюдений в космос приходится отправлять довольно большой груз: сам телескоп, устройства для обработки и передачи информации и, наконец, охладитель, который должен уберечь ИК-приёмник от фонового излучения — инфракрасных квантов,









Схемы рефлекторов:
1 — система Ньютона,
2 — система Грегори,
3 — система Кассегрена.

до Ньютона двухзеркальной схеме геометрические характеристики обоих зеркал должны быть строго согласованы. А этого оптикам как раз и не удавалось добиться.

Телескопы, у которых роль объектива выполняет зеркало, называются *рефлекторами* (от *лат.* reflectere — «отражать») в отличие от телескопов с линзовыми объективами — *рефракторов* (от *лат.* refractus — «преломлённый»). Ньютон сделал свой первый рефлектор с одним вогнутым зеркалом. Другое небольшое плоское зеркало направляло построенное изображение вбок, где наблюдатель рассматривал его в окуляр. Этот инструмент учёный изготовил собственноручно в 1668 г. Длина телескопа составляла около 15 см. «Сравнивая его с хорошей Галилеевой трубой длиной в 120 см, — писал Ньютон, — я мог читать на большем расстоянии с помощью моего телескопа, хотя изображение в нём было менее ярким».

Ньютон не только отполировал зеркало первого рефлектора, но и разработал рецепт так называемой зеркальной бронзы, из которой он отлил заготовку зеркала. В обычную бронзу (сплав меди и олова) он добавил некоторое количество мышьяка: это улучшило отражение света; к тому же поверхность легче и лучше полировалась.



Зеркальный телескоп 1742 г.

В 1672 г. француз, преподаватель провинциального лицея (по другим данным, архитектор) Кассегрен предложил конфигурацию двухзеркальной системы, первое зеркало в которой было параболическим, второе же имело форму выпуклого гиперболоида вращения и располагалось соосно перед фокусом первого. Эта конфигурация очень удобна и сейчас широко применяется, только главное зеркало стало гиперболическим. Но в то время изготовить кассегреновский телескоп так и не смогли из-за трудностей, связанных с достижением нужной формы зеркала.

Компактные, лёгкие в обращении высококачественные рефлекторы с металлическими зеркалами к середине XVIII в. вытеснили «длинные трубы», обогатив астрономию многими открытиями.

В то время на английский престол была призвана Ганноверская династия; к новому королю устремились его соотечественники — немцы. Одним из них был Уильям Гершель, музыкант и одновременно талантливый астроном.

Убедившись в том, как трудно обращаться с Галилеевыми трубами, Гершель перешёл к рефлекторам. Он сам отливал заготовки из зеркальной бронзы, сам шлифовал и полировал их; его оптический станок сохранился до наших дней. В работе ему помогали брат Александр и сестра Каролина; она вспоминала, что весь их дом, включая спальню, был превращён в мастерскую. С помощью одного из своих телескопов Гершель открыл в 1778 г. седьмую планету Солнечной системы, названную впоследствии Ураном.

Гершель непрерывно строил всё новые и новые рефлекторы. Король покровительствовал ему и дал деньги на строительство огромного рефлектора диаметром 120 см с трубой длиной 12 м. После многолетних усилий телескоп был закончен. Однако работать на нём оказалось трудно, а по своим качествам он не превзошёл меньшие телескопы столь значительно, как предполагал Гершель. Так родилась первая заповедь телескопо-



В ноябре 1995 г. Европейским космическим агентством осуществлён запуск на околоземную орбиту инфракрасной обсерватории ISO. На ней стоит телескоп с таким же диаметром зеркала, как и на IRAS, но для регистрации излучения используются более чувствительные детекторы. Наблюдениям ISO доступен более широкий диапазон инфракрасного спектра. В настоящее время разрабатывается ещё несколько проектов космических инфракрасных телескопов, которые будут запущены в ближайшие годы.

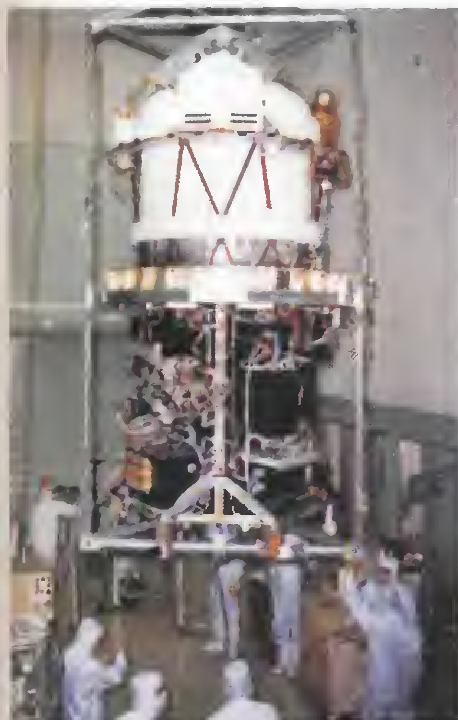
Не обходятся без ИК-аппаратуры и межпланетные станции. Так, запущенный к Юпитеру 19 октября 1989 г. американский аппарат «Галилео» передал большой объём информации о падении на планету в июле 1994 г. фрагментов кометы Шумейкеров—Леви 9. При этом использовался картографический ИК-спектрометр корабля. Неоценимую информацию об атмосфере Венеры и поверхности Марса принесли ИК-спектрометры, установленные на автоматических межпланетных станциях, посылавшихся к этим планетам.

ХАББЛОВСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП

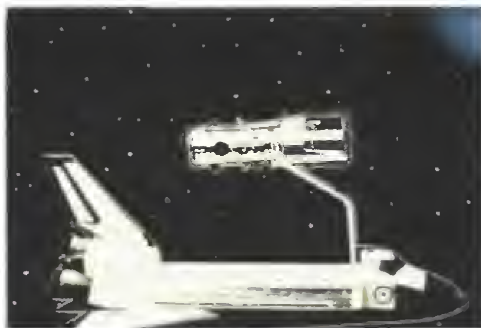
В конце апреля 1990 г. с борта американского корабля многоразового использования «Дискавери» была выведена на орбиту крупнейшая околоземная обсерватория для наблюдений в оптическом диапазоне спектра — Хаббловский космический телескоп весом более 12 т (кооперативный проект НАСА и Европейского космического агентства). На него возлагались большие надежды, однако вскоре после запуска выяснилось, что главное 2,4-метровое зеркало телескопа обладает сферической аберрацией, значительно ухудшающей характеристики этого уникального инструмента. И всё же за первые 18 месяцев полёта был проведён ряд результативных наблюдений.

2 декабря 1993 г. к телескопу отправился челнок «Индевор» с миссией обслуживания. В ходе недельной работы астронавты заменили бóльшую часть электронных блоков, исправили погнутую солнечную батарею и самое важное — установили блок корректирующей оптики, устранивший погрешности главного зеркала. Возможности телескопа после ремонта значительно возросли.

В феврале 1997 г. к Хаббловскому телескопу вновь стартовал космический корабль «Дискавери». На этот раз были вновь заменены некоторые электронные блоки, установлен спектрограф высокого разрешения и новая ИК-камера, с помощью которой



◄◄ Космическая обсерватория COBE.



◄ Доставка Хаббловского телескопа в космос.



Зеркало Хаббловского телескопа.



линий, которые до сих пор называют фраунгоферовыми.

24-сантиметровый объектив для Дерптского рефрактора (Дерпт — ранее Юрьев, ныне Тарту, Эстония), изготовленный Фраунгофером, был прекрасно скорректирован по хроматической и сферической аберрациям; этот телескоп долгое время оставался крупнейшим в мире. Монтаж телескопа в Дерпте вёлся под руководством Василия Струве (впоследствии — основателя и директора Пулковской обсерватории).

Дерптский рефрактор оказался невероятно удачным прибором. С его помощью Струве измерил расстояние до ярчайшей звезды северного полушария неба — Веги; оно оказалось огромным: около 26 световых лет. Конструкцию этого телескопа повторяли в течение всего XIX в.; небольшие телескопы делают по его образцу и сейчас.

ТЕЛЕСКОПЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

К середине XIX в. Фраунгоферов рефрактор стал основным инструментом наблюдательной астрономии. Высокое качество оптики, удобная монтировка, часовой механизм, позволяющий держать телескоп постоянно наведённым на звезду, стабильность, отсутствие необходимости непрерывно что-то подстраивать и регулировать завоевали заслуженное признание даже самых требовательных наблюдателей. Казалось бы, будущее рефракторов должно быть безоблачным. Однако наиболее проницательные астрономы уже поняли три главных их недостатка: это всё же заметный хроматизм, невозможность изготовить объектив очень большого диаметра и довольно значительная длина трубы по сравнению с кассегреновским рефлектором того же фокуса.

Хроматизм стал более заметным, потому что расширилась спектральная область, в которой велись исследования небесных объектов. Фотографические пластинки тех лет были чувствительны к фиолетовым и ультрафиолетовым лучам и не чувствовали видимую глазом сине-зелёную область, для которой ахроматизировали объективы рефракторов. Приходилось строить двойные телескопы, в которых одна труба несла объектив для фотографических наблюдений, другая — для визуальных.

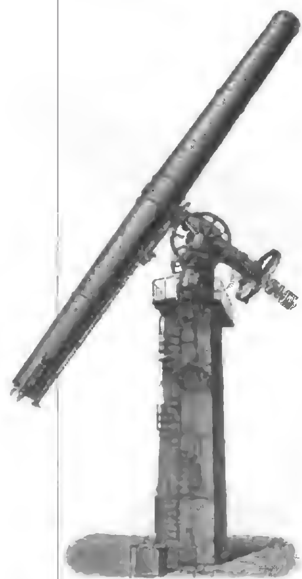
Кроме того, объектив рефрактора работал всей своей поверхностью, и в отличие от зеркала под него нельзя было подвести с задней стороны рычаги, уменьшающие его прогиб, а на зеркальных телескопах такие рычаги (система разгрузок) применялись с самого начала. Поэтому рефракторы остановились на диаметре около 1 м, а рефлекторы позднее дошли до 6 м, и это не предел.

Как всегда, появлению новых рефлекторов способствовало развитие техники. В середине XIX столетия немецкий химик Юстус Либих предложил простой химический метод серебрения стеклянных поверхностей. Это позволило изготовлять зеркала из стекла. Оно лучше полируется, чем металл, и значительно легче его. Стекловары также усовершенствовали свои методы, и можно было смело говорить о заготовках диаметром около 1 м.

Оставалось разработать научно обоснованный метод контроля вогнутых зеркал, что и сделал в конце 50-х гг. XIX в. французский физик Жан Бернар Леон Фуко, изобретатель общеизвестного маятника. Он помещал в центр кривизны испытываемого сферического зеркала точечный источник света и загораживал его изображение ножом. Глядя, с какой стороны при движении ножа перпендикулярно оси зеркала на нём появляется тень, можно установить нож точно в фокусе, а затем очень ясно увидеть неоднородности и ошибки поверхности. Таким методом можно исследовать и рефракторы: точечным источником служит звезда. Чувствительный и наглядный, метод Фуко применяется и сейчас как любителями, так и профессионалами.

Фуко изготовил по своей методике два телескопа с длиной трубы 3,3 м и

Рефрактор Йеркской обсерватории (США).





становятся доступными (по глобальной электронной сети Интернет) для бесплатного пользования учёными любой страны.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Ультрафиолетовое излучение Солнца и звёзд практически полностью поглощается озоновым слоем нашей атмосферы, поэтому УФ-кванты можно регистрировать только в верхних слоях атмосферы и за её пределами.

Интерес астрономов к УФ-излучению обусловлен в большой степени тем, что именно в этом диапазоне излучает самая распространённая молекула во Вселенной — молекула водорода — и находится самая яркая линия атомарного водорода — Лайман-альфа.

Впервые ультрафиолетовый телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 80 см и специальный ультрафиолетовый спектрометр выведены в космос на совместном американо-европейском спутнике «Коперник», запущенном в августе 1972 г. Наблюдения на нём проводились до 1981 г.

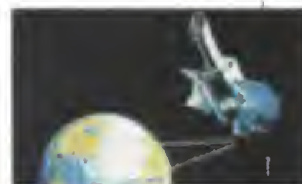
Наиболее знаменит другой ультрафиолетовый спутник — IUE, который, без сомнения, можно считать одним из самых удачных космических проектов. Спутник IUE вышел на орбиту в январе 1978 г. и начал свои многолетние наблюдения. На нём были установлены зеркальный телескоп (диаметр зеркала 45 см) и два спектрографа.

На спутнике IUE проводились наблюдения самых разнообразных объектов: от комет и планет до удалённых галактик. Об этих наблюдениях написано несколько книг, опубликовано около 3 тыс. статей в научных журналах, проведено более десяти крупных научных конференций.

Отечественный рекорд длительности работы космической обсерватории на орбите также принадлежит ультрафиолетовому телескопу. Спутник «Астрон» покинул Землю в марте 1983 г. Предполагалось, что он проведёт на орбите один год. УФ-наблюдения проводились на телескопе-рефлекторе «Спика» с диаметром зеркала 80 см и на ультрафиолетовом спектрометре. Телескоп прекратил наблюдения лишь в июне 1989 г., намного превысив ожидаемое время работы.

На ультрафиолетовой обсерватории «Астрон» проводились исследования звёзд, в том числе с необычным химическим составом, новых и сверхновых звёзд, в частности знаменитой сверхновой 1987 г. в Большом Магеллановом Облаке, других галактик, газовых туманностей и комет.

В настоящее время в России ведутся работы по подготовке запуска нового ультрафиолетового телескопа «Спектр-УФ» с диаметром зеркала 170 см.



Ультрафиолетовая обсерватория IUE.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Рентгеновские лучи доносят до нас информацию о мощных космических процессах, связанных с экстремальными физическими условиями. Высокая энергия рентгеновских и гамма-квантов позволяет регистрировать их «поштучно», с точным указанием времени регистрации. Детекторы рентгеновского излучения относительно легки в изготовлении и имеют небольшой вес. Поэтому они использовались для наблюдений в верхних слоях атмосферы и за её пределами с помощью высотных ракет ещё до первых запусков искусственных спутников Земли. Рентгеновские телескопы устанавливались на многих орбитальных станциях и межпланетных космических кораблях. Всего в околоземном пространстве побывало около сотни таких инструментов.

Наблюдения космического рентгеновского излучения начались в Соединённых Штатах Америки сразу же после окончания Второй мировой войны. В то время для регистрации рентгеновских квантов использовались обыкновенные счётчики Гейге-

Рентгеновская обсерватория «Эйнштейн» на лабораторном стапеле.





расстояний до далёких звёздных систем по переменным звёздам.

Осенью 1923 г. в туманности Андромеды открыли первую переменную звезду нужного типа — цефеиду. Вскоре их число увеличилось до десяти в разных галактиках. Удалось определить периоды этих переменных, а по ним — расстояния до других галактик (См. статью «Переменные звёзды»).

Измерение расстояний до нескольких внегалактических туманностей позволило установить, что чем дальше расположена галактика, тем с большей скоростью она от нас удаляется (см. статью «Расширяющаяся Вселенная»).

1,5- и 2,5-метровый рефлекторы долго служили верой и правдой наблюдательной астрономии; сейчас они выведены из эксплуатации из-за засветки неба мегаполисом Лос-Анджелеса.

Перечислим основные особенности современных телескопов первого поколения.

Во-первых, главные зеркала их имеют строго параболическую форму. Они изготовлены из стекла типа зеркального со значительным коэффициентом теплового расширения (что является недостатком, поскольку форма зеркала искажается из-за неодинаковой температуры различных его частей) и выглядят как сплошной цилиндр с отношением толщины к диаметру приблизительно 1:7.

Во-вторых, конструкция их трубы выполнена по принципу максимальной жёсткости. Укреплённые в ней главное и вторичное зеркала должны находиться на одной оси в пределах ошибок, заданных при расчёте оптики. Если этого нет, то качество телескопа непременно ухудшается, поэтому конструкцию трубы телескопа рассчитывают так, чтобы в любом положении гнутие трубы было меньше заданного оптиками допуска. Естественно, такая труба достаточно массивна.

Подшипники телескопа — скольжения или шариковые. У первых двух телескопов нагрузку на них уменьшают поплавки, на которых телескоп почти плавает в ртутных ваннах.



Зеркало телескопа.

СОЗДАНИЕ ТЕЛЕСКОПОВ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Итак, 2,5-метровый телескоп заработал и дал прекрасные научные результаты, а коллектив, сложившийся вокруг него на обсерватории Маунт-Вилсон, смело смотрел в будущее и обсуждал возможность создания более крупного инструмента. При этом называли диаметр 5 и даже 7,5 м. Заслугой руководителя обсерватории Дж. Хейла является то, что он уберёг своих сотрудников от ненужного стремления ко всё бо́льшим размерам и ограничил диаметр нового прибора пятью метрами. Кроме того, он достал (и это в условиях надвигающегося экономического кризиса 1929–1933 гг.) значительную сумму, позволившую начать работы.

Зеркало сплошным делать было нельзя: его масса при этом составила бы 40 т, что чрезмерно утяжелило бы конструкцию трубы и других частей телескопа. Его также нельзя было делать из зеркального стекла, ведь с подобными зеркалами наблюдатели уже намучились: при перемене погоды и даже при смене дня и ночи форма зеркала искажалась, и оно чрезвы-





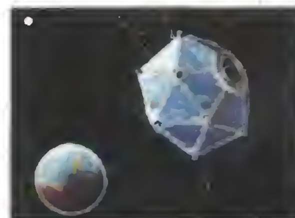
◂ Рентгеновская обсерватория EXOSAT.

В 80-е гг. стартовали новые рентгеновские телескопы на японских спутниках «Тенма» и «Гинга», советских «Астроне», «Кванте» и «Гранате», европейском спутнике EXOSAT. В 90-е гг. к ним присоединились совместная американо-европейская обсерватория ROSAT и японский спутник ASCA. Помимо тех объектов, о которых мы уже говорили, большое внимание сейчас уделяется изучению рентгеновского излучения горячих газовых (так называемых аккреционных) дисков вокруг нейтронных звёзд или чёрных дыр, входящих в состав тесных звёздных пар, активных ядер галактик, также окружённых газовыми дисками, и горячего газа в скоплениях галактик. Исследование химического состава, температуры и плотности этого газа позволит получить бесценную информацию о возникновении и эволюции галактик и самых ранних этапах развития Вселенной.

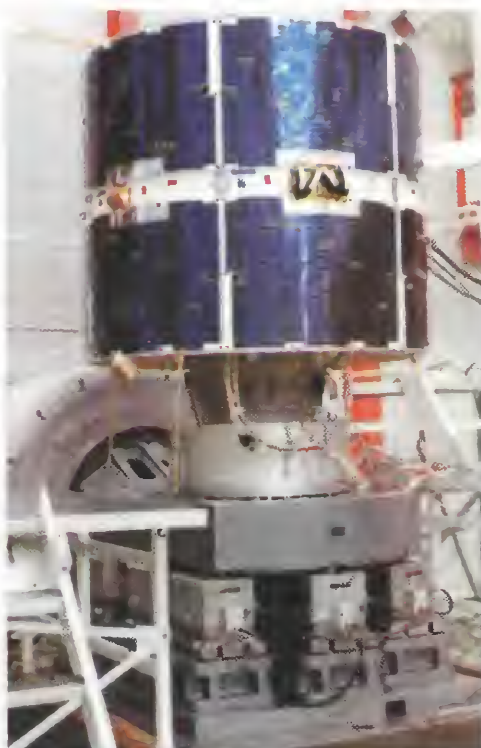
ГАММА-ОБСЕРВАТОРИИ

Гамма-излучение тесно соседствует с рентгеновским, поэтому для его регистрации используют похожие методы. Очень часто на телескопах, запускаемых на околоземные орбиты, исследуют одновременно и рентгеновские, и гамма-источники. Однако процессы, порождающие гамма-излучение, могут существенно отличаться от тех, что ведут к возникновению рентгеновских квантов. Гамма-лучи доносят до нас информацию о процессах, происходящих внутри атомных ядер, и о превращениях элементарных частиц в космосе.

Первые наблюдения космических гамма-источников были засекречены. В конце 60-х — начале 70-х гг. США запустили четыре военных спутника серии «Вела». Аппаратура этих спутников разрабатывалась для обнаружения всплесков жёсткого рентгеновского и гамма-излучения, возникающих во время ядерных взрывов. Однако оказалось, что большинство из зарегистрированных всплесков не связаны с военными испытаниями, а их источники расположены не на Земле, а в космосе. Так было открыто одно из самых загадочных явлений во Вселенной — *гамма-вспышки*, представляющие собой однократные мощные вспышки жёсткого излучения. Хотя первые космические гамма-вспышки были зафиксированы ещё в 1969 г., информацию о них опубликовали только четыре года спустя. Всего за десять лет работы спутники «Вела»



Военный спутник «Вела».



Гамма-обсерватория «Cos-B».





Блок из четырёх 8-метровых телескопов, строящийся на Европейской южной обсерватории (Чили).

Сейчас крупный телескоп стоит примерно столько же, сколько самолёт, но у астрономов, к сожалению, не бывает денег на опытный образец. Его заменяют тщательное изучение имеющихся инструментов и частые обсуждения проектов. Обычно первыми строятся один-два инструмента серии; накопленный при этом опыт чрезвычайно ценен. Если инструмент очень велик и дорог, всё же строится опытный экземпляр меньшего размера.

Основной особенностью телескопов третьего поколения является главное зеркало диаметром 3,5—4 м гиперболической (а не параболической) формы, изготовленное из новых материалов: плавленого кварца или ситаллов — стеклокерамики с практически нулевым тепловым расширением, разработанной в СССР в 60-е гг. Применение в кассегреновской конфигурации главного гиперболического зеркала позволяет значительно расширить поле хороших изображений; расчёт этой системы был выполнен в 20-е гг. Телескопы третьего поколения стремятся устанавливать в местах, специально выбранных по спокойствию атмосферы. Подобных телескопов в настоящее время построено довольно много; считается, что это инструмент университетского класса.

6-метровый телескоп, вошедший в строй в 1975 г., хотя и относится ко второму поколению, но в его конструкцию было внесено одно кардинальное изменение. Телескопы предыдущих поколений устанавливались экваториально. Они сопровождали наблюдаемую звезду, поворачиваясь со скоростью одного оборота в звёздные сутки вокруг оси, направленной на полюс мира. По второй координате объекта — склонению — телескоп устанавливается до начала фотографирования и вокруг этой оси больше не вращается.

Ещё до Второй мировой войны отечественный конструктор астрономических приборов Н. Г. Пономарёв обратил внимание на то, что труба телескопа и вся его конструкция будут значительно легче, а значит, и дешевле, если перейти от экваториальной к азимутальной установке, т. е. если телескоп будет вращаться вокруг трёх осей — оси азимута, оси высоты и оптической оси (там можно вращать только кассету с фотопластинкой).

Эта идея и была осуществлена в 6-метровом телескопе, получившем название БТА (Большой телескоп азимутальный). Он установлен в астрофизической обсерватории на Северном Кавказе, вблизи станицы Зеленчукской.

Азимутальная монтировка используется во всех без исключения телескопах четвёртого поколения. Кроме этого новшества для них характерно исключительно тонкое зеркало, форма которого подстраивается с помощью ЭВМ после автоматического анализа оптической системы по изображению звезды. Строится более десяти инструментов такого типа диаметром более 8 м, и уже работает их модель диаметром 4 м. Трудно даже представить, какие новые открытия они принесут астрономии.

6-метровый телескоп САО (Россия).





ких планет и их спутников, проводят всевозможные исследования, передавая данные на Землю. Пройдёт ещё немного времени, и в космосе появятся обширные колонии. Согласно оценкам экспертов, к 2030 г. за пределами земной атмосферы будут постоянно работать свыше 1000 человек.

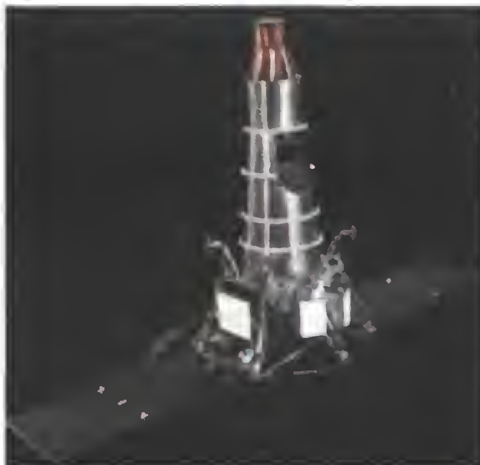
ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУНЫ

Вполне естественно, что Луна, как ближайшее к Земле небесное тело, стала первым объектом, к которому направились космические аппараты.

Советские автоматические межпланетные станции первого поколения «Луна-1, -2, -3» не использовали ни коррекцию курса на траектории Земля — Луна, ни торможение при подлёте. Они совершали полёт напрямую. Стартовав с Земли 2 января 1959 г., станция «Луна-1» массой 361 кг впервые достигла второй космической скорости (т. е. минимальной скорости, которую должен развить стартующий с небесного тела объект, чтобы преодолеть силу его притяжения; для Земли она равна 11,19 км/с) и прошла на расстоянии около 6 тыс. километров от поверхности Луны.

«Луна-2» достигла лунной поверхности 14 сентября 1959 г. вблизи центрального меридиана (место посадки этой станции теперь называется Заливом Лунника). Её приборы показали, что Луна практически не имеет собственного магнитного поля. А на борту станции «Луна-3» находилась фототелевизионная аппаратура, впервые передавшая на Землю снимки части видимого и почти 2/3 невидимого полушария. На них было большое количество дефектов, но, несмотря на это, учёным удалось выявить множество деталей на обратной стороне Луны. Открытые «Луной-3» кратеры получили названия: Циолковский, Курчатов, Джордано Бруно, Жюль Верн и др.

Крупномасштабное фотографирование отдельных участков поверхности видимого полушария выполнили в процессе падения на Луну американские космические аппараты



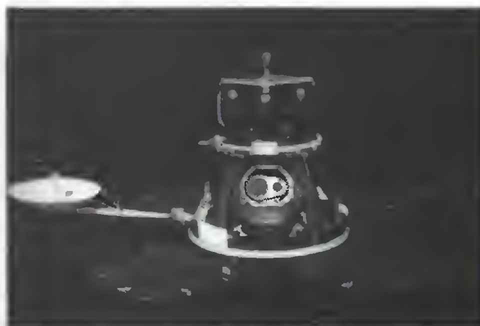
Космический аппарат «Рейнджер».

«Рейнджер-7, -8, -9» в 1964 и 1965 гг. Советская станция «Зонд-3» завершила фотографирование невидимого полушария.

Первая мягкая посадка на лунную поверхность была осуществлена в феврале 1966 г. советской автоматической станцией «Луна-9». Телекамеры передали на Землю панорамы окружающего ландшафта с разрешением до нескольких миллиметров. В 1966 г. на орбиту вокруг Луны также были выведены искусственные спутники «Луна-10, -11, -12». На них были установлены приборы для исследования спектрального состава инфракрасного и гамма-излучения лунной поверхности, оборудование для регистрации метеорных частиц и др. В том же году американский аппарат «Сервейор-1» совершил мягкую посадку на Луну и в течение шести недель передавал на Землю снимки поверхности. В конце декабря 1966 г. мягкую посадку выполнила станция «Луна-13»,

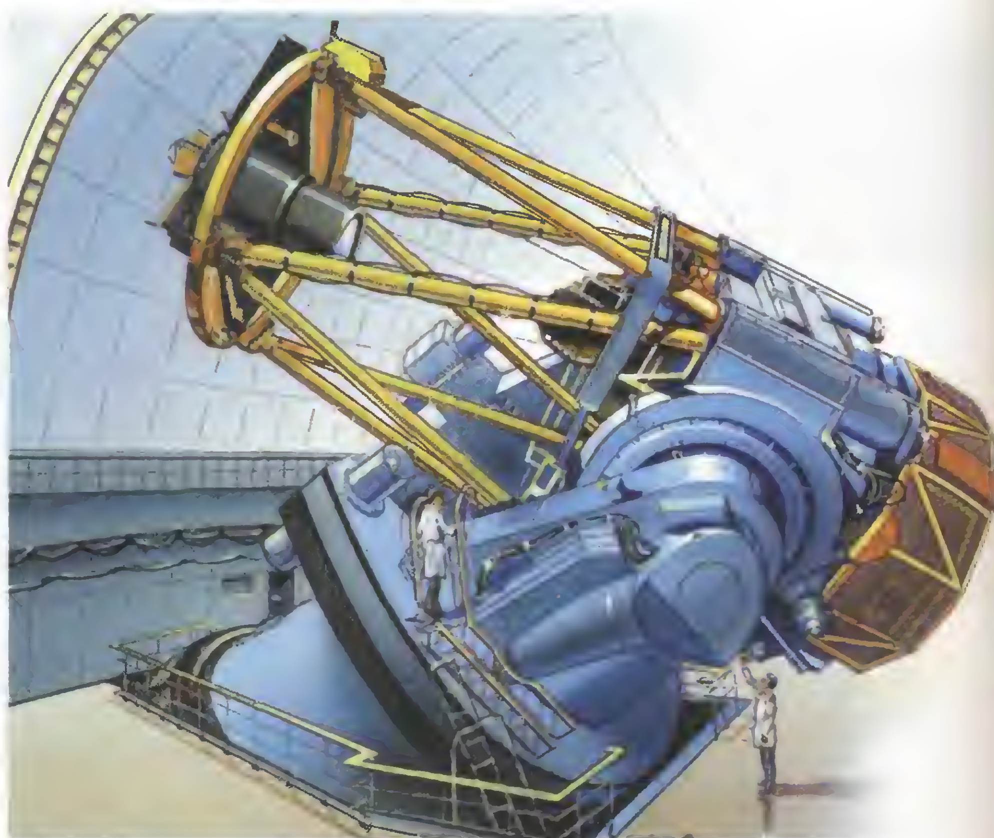


Автоматическая межпланетная станция «Луна-3».



Космический аппарат «Лунар орбитер».





Современный рефлектор с диаметром зеркала 3,5 м.

ПРИЁМНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ И ИЗОБРАЖЕНИЯ

Какую бы сложную систему из телескопа, светофильтров, интерферометров и спектрографов ни соорудили астрономы, на её выходе неизбежно находится приёмник излучения или изображения. *Приёмник изображения* регистрирует изображение источника. *Приёмник излучения* регистрирует только интенсивность излучения, ничего не сообщая о том, каковы форма и размер объекта, который его освещает.

Первым приёмником изображения в астрономии был невооружённый человеческий глаз. Вторым стала фотопластинка. Для нужд астрономов были разработаны фотопластинки, чувствительные в самых разных областях спектра, вплоть до инфракрасной и, что самое главное, хорошо работающие при наблюдении слабых объектов. Астрономическая фотопластинка — исключительно ёмкий, дешёвый и долговечный носитель информации; многие снимки хранятся в стеклянных библиотеках обсерваторий более ста лет. Самая большая фотопластинка применяется на одном из телескопов третьего поколения: её размер 53 х 53 см!

В начале 30-х гг. ленинградский физик Леонид Кубецкий изобрёл устройство, названное впоследствии *фотоэлектронным умножителем* (ФЭУ). Свет от слабого источника падает на нанесённый внутри вакуумной колбы светочувствительный слой и выбивает из него электроны, которые ускоряются электрическим полем и попадают на пластинки, умножающие их число. Один электрон выбивает три—пять электронов, которые в свою очередь размножаются на следующей пластинке и т. д. Пластинок та-



В июле 1972 г. спускаемый аппарат станции «Венера-8» впервые сел на дневную сторону планеты и показал, что освещённость на её поверхности напоминает земной пасмурный день. Облака Венеры, через которые прошёл аппарат на высоте от 70 до 30 км, имели слоистую структуру и были не очень плотными.

В октябре 1975 г. аппараты нового поколения «Венера-9, -10», совершившие мягкую посадку на расстоянии свыше 2 тыс. километров друг от друга на освещённой стороне планеты, впервые передали на Землю панорамы окружающей их местности. Масса каждого спускаемого аппарата диаметром 2,4 м составляла 1560 кг. В течение часа оставшиеся на орбите космические аппараты ретранслировали научную информацию с поверхности планеты на Землю.

Увидеть глобальные особенности рельефа большей части поверхности Венеры люди смогли благодаря радиолокационному зондированию, выполненному с американской автоматической станции «Пионер-Венера-1» в 1978 г. На картах, составленных по результатам измерения высот поверхности, можно видеть обширные возвышенности, отдельные горные массивы и низменности.

Интересный эксперимент был проведён на станции «Пионер-Венера-2»: с её помощью в атмосферу Венеры были сброшены один большой (диаметром 1,5 м и массой 316 кг) и три малых (диаметром 0,7 м и массой 96,6 кг) спускаемых аппарата на дневную и ночную стороны, а также в район северного полюса планеты. Аппараты передавали информацию в процессе падения, а один из малых аппаратов даже выдержал удар и передавал данные с поверхности в течение часа. Результаты этого эксперимента подтвердили, что атмосфера планеты содержит до 96% углекислого газа, до 4% азота и немного водяного пара. На поверхности был обнаружен тонкий слой пыли.

В декабре 1978 г. проводили исследования и советские «Венера-11, -12», опустившиеся на расстоянии 800 км друг от друга. Интересными оказались данные о регистрации электрических разрядов в атмосфере планеты. Один из аппаратов выявил 25 ударов молнии в секунду, а другой около 1000, причём один из раскатов грома продолжался 15 мин. По-видимому, возникновению этих разрядов способствует высокое содержание серной кислоты в облачном покрове.

Данные о химическом составе пород в месте посадок «Венеры-13, -14» были получены в марте 1982 г. с помощью специальных грунтозаборных устройств, поместивших породу внутрь спускаемого аппарата. Данные анализов, выполненных автоматами, были переданы на Землю, где учёные смогли сопоставить эти породы с базальтами, встречающимися в глубоководных впадинах земных океанов.

С орбит искусственных спутников Венеры аппараты «Венера-15, -16», оборудованные радиолокационными системами, передали изображения поверхности части северного полушария планеты и данные измерений высот рельефа. В результате каждого пролёта по сильно вытянутым околополярным орбитам снималась полоса местности шириной 160 км и длиной 8 тыс. километров. По материалам этих съёмок составлен атлас поверхности Венеры, включающий карты рельефа, геологические и другие специальные карты.

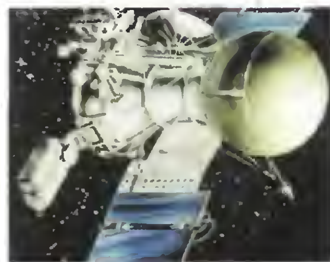
Спускаемые аппараты нового типа, состоявшие из посадочного аппарата и аэростатного зонда, были сброшены с советских станций «Вега-1, -2», предназначенных для проведения исследований Венеры и кометы Галлея в 1985 г. Аэростатные зонды дрейфовали на высоте около 54 км и передавали данные в течение двух суток, посадочные же аппараты провели исследование атмосферы и поверхности планеты.

Наиболее подробные снимки всей поверхности Венеры были получены с помощью американского аппарата «Магеллан», запущенного астронавтами космического челнока «Атлантис» в мае 1989 г. Регулярная радиолокационная съёмка, проводимая в течение нескольких лет, позволила получить



Космический аппарат «Венера-9».

Станция «Вега».





под которым видна Луна, слишком мал. Самый простой способ увеличить угол, под которым виден предмет, — это приблизиться к нему.

Итак, телескоп нужен для того, чтобы, во-первых, увеличить количество света, приходящего от небесного тела, а во-вторых, чтобы дать возможность изучить мелкие детали наблюдаемого объекта. Способность телескопа показывать (или регистрировать с помощью приборов) слабые звёзды называется *проницающей силой*, а способность различать мелкие детали — *разрешающей силой*. Рассмотрим, от чего зависят эти характеристики телескопа.

Казалось бы, проницающая сила должна быть пропорциональна площади объектива: чем больше площадь, тем больше прибор собирает света и тем более слабые объекты видны. На самом деле возможность фиксировать слабый световой сигнал зависит от уровня фона, на котором он проявляется. По этой причине, например, звёзды не видны днём, хотя и излучают столько же света, что и ночью. Яркий фон дневного неба «забивает» их свет. Световые помехи, хотя и небольшие, имеются и ночью. Поэтому реальная проницающая сила телескопа ниже теоретической. При наличии фона (помех) она растёт пропорционально всего лишь диаметру (а не площади), что уменьшает выгоду от увеличения диаметра объектива.

Изображение звезды, построенное телескопом, имеет определённый размер. Если расстояние между изображениями двух звёзд меньше, чем их размер, они сольются и увидеть их раздельно будет невозможно. Разрешающая способность определяется тем, насколько малое изображение светящейся точки строит объектив телескопа. Таким образом, показателем качества объектива является размер изображения светящейся точки: чем он меньше, тем лучше. Астрономы характеризуют размер изображения величиной угла, под которым оно видно из центра объектива.

Можно теоретически оценить минимальный размер изображения светящейся точки, которое строит объектив. Выраженный в секундах дуги, он равен

$$\alpha \approx \frac{206\,265 \cdot \lambda}{D},$$

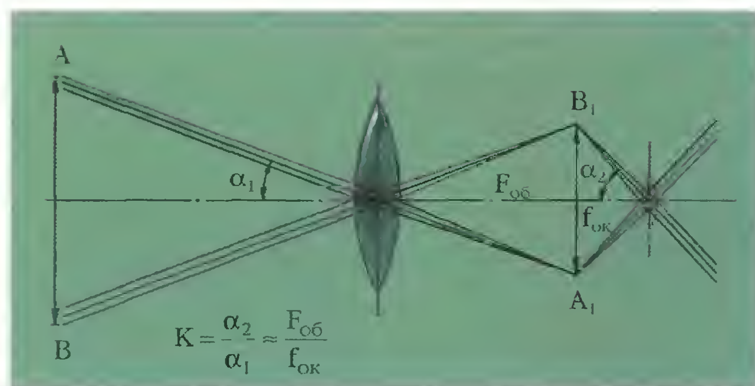
где λ — длина волны света, D — диаметр объектива. Эта величина и служит мерой разрешающей способности телескопа. Длина волны света, к которому наиболее чувствителен глаз, — 555 нм. Подставив в формулу это число и диаметр, равный, например, 13 см, получим разрешение около 0,9″. То есть, если наблюдать при помощи телескопа диаметром 13 см две звезды одинаковой яркости, находящиеся на небе на расстоянии 0,9″, можно надеяться увидеть, что это две звезды, а не одна.

Кроме проницающей и разрешающей силы есть и другие важные характеристики телескопа. Расскажем о фокусном расстоянии, увеличении, поле зрения и светосиле телескопа.

Телескоп состоит из объектива и окуляра. Свет от звёзд, расположенных очень далеко от объектива, проходит через него и собирается в фокальной плоскости. Расстояние от объектива до этой плоскости называется *фокусным расстоянием* объектива. Далее свет попадает в окуляр и затем в глаз наблюдателя.

Угловой размер изображения в телескопе больше углового размера объекта на небе. Отношение этих углов называется *увеличением телескопа*. Оно равно F/f, где F — фокусное расстояние объектива, а f — фокусное расстояние окуляра.

Увеличение телескопа.





сти планеты, выполнив только её фотографирование. «Марс-5» проводил дистанционные исследования поверхности и атмосферы с орбиты искусственного спутника. Спускаемый аппарат «Марса-6» совершил мягкую посадку в южном полушарии. На Землю переданы данные о химическом составе, давлении и температуре атмосферы. «Марс-7» прошёл на расстоянии 1300 км от поверхности, не выполнив своей программы.

Самыми результативными были полёты двух американских «Викингов», запущенных в 1975 г. На борту аппаратов находились телекамеры, инфракрасные спектрометры для регистрации водяных паров в атмосфере и радиометры для получения температурных данных. Посадочный блок «Викинга-1» совершил мягкую посадку на Равнине Хриса 20 июля 1976 г., а «Викинга-2» — на Равнине Утопия 3 сентября 1976 г. В местах посадок были проведены уникальные эксперименты с целью обнаружить признаки жизни в марсианском грунте. Специальное устройство захватывало образец грунта и помещало его в один из контейнеров, содержавших запас воды или питательных веществ. Поскольку любые живые организмы меняют среду своего обитания, приборы должны были это зафиксировать. Хотя некоторые изменения среды в плотно закрытом контейнере наблюдались, к таким же результатам могло привести наличие сильного окислителя в грунте. Вот почему учёные не смогли уверенно отнести эти изменения за счёт деятельности бактерий.

С орбитальных станций было выполнено детальное фотографирование поверхности Марса и его спутников. На основе полученных данных составлены подробные карты поверхности планеты, геологические, тепловые и другие специальные карты.

В задачу советских станций «Фобос-1, -2», запущенных после 13-летнего перерыва, входило исследование Марса и его спутника Фобоса. В результате неверной команды с Земли «Фобос-1» потерял ориентацию, и связь с ним не удалось восстановить.



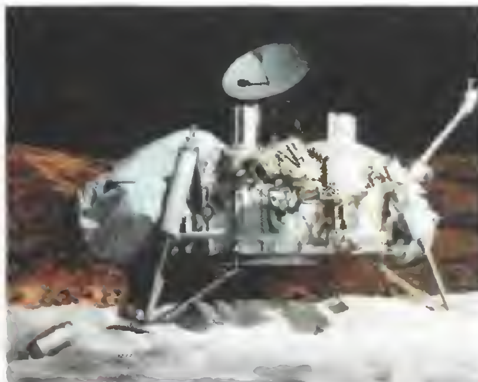
Космический аппарат «Маринер-4».

«Фобос-2» вышел на орбиту искусственного спутника Марса в январе 1989 г. Дистанционными методами получены данные об изменении температуры на поверхности Марса и новые сведения о свойствах пород, слагающих Фобос. Получено 38 изображений с разрешением до 40 м, измерена температура его поверхности, составляющая в наиболее горячих точках 30 °С. К сожалению, осуществить основную программу по исследованию Фобоса не удалось. Связь с аппаратом была потеряна 27 марта 1989 г.



Станция «Фобос».

На этом не закончилась серия неудач. Американский космический аппарат «Марс-Обсервер», запущенный в 1992 г., также не выполнил своей задачи. Связь с ним была потеряна 21 августа 1993 г. Не удалось вывести на траекторию полёта к Марсу и российскую станцию «Марс-96». В июле 1997 г. «Марс-Пасфайндер» доставил на планету первый автоматический марсоход, который успешно исследовал химический состав поверхности и метеорологические условия.



Космический аппарат «Викинг».

ГДЕ НАХОДЯТСЯ И КУДА ДВИЖУТСЯ СВЕТИЛА

Изучение движений небесных тел долгое время оставалось главной задачей астрономии, поскольку не было средств для исследования их физической природы. Астрономы достигли больших успехов как в изучении движений светил, так и в выяснении их причин. Например, один из основных физических законов — закон всемирного тяготения — был открыт на основе данных о движениях планет.

Чтобы изучить движение небесного тела, надо, во-первых, указать его положение в какой-нибудь определённый момент и, во-вторых, установить, с какой скоростью и в каком направлении оно движется. Но это ещё не всё. Любое движение относительно. Поэтому, говоря о положении и скорости небесного тела, мы должны назвать другое небесное тело, относительно которого это движение измеряется, точнее — указать систему координат. Часть астрономии, которая занимается установлением системы координат и разработкой методов определения положений и скоростей светил, называется *астрометрией*.

Положение небесного тела в пространстве астрономы характеризуют тремя числами. Это координаты на небесной сфере (например, прямое восхождение и склонение) и расстояние до светила. Очень часто вместо расстояния указывают параллакс — угол, под которым виден с небесного тела средний радиус орбиты Земли. Поскольку радиус земной орбиты известен с высокой точностью, то, зная параллакс, всегда можно вычислить расстояние. Все три величины, определяющие положение светила, являются углами.

Чтобы указать величину и направление скорости светила, также необходимы три числа. Астрономы используют изменения прямого восхождения и склонения за единицу времени и скорость изменения расстояния. Скорость изменения небесных координат называется *собственным движением*, а скорость изменения расстояния — *лучевой скоростью*.

Лучевую скорость можно было бы определять, измерив параллакс в два разных момента. Но точность этого метода очень низка. К счастью, для измерения лучевой скорости можно воспользоваться спектрами небесных тел. Если звезда движется к нам, длины волн её излучения будут чуть короче, чем у неподвижного источника, а если от нас — то чуть длиннее. Это явление называется *эффектом Доплера*. Длины волн света, излучаемого неподвижными атомами, хорошо известны. Сравнивая измеренные длины волн в спектре звезды с длинами волн света от неподвижных атомов, можно вычислить скорость звезды по направлению к нам или от нас.

Теперь следует указать главные небесные тела, т. е. те, относительно которых будут определяться положения и скорости других тел. До последнего времени такими главными были специально выбранные 1535 звёзд, координаты которых определяли с особенно высокой точностью. Астрономы называют эти звёзды *фундаментальными*, а их список — фундаментальным каталогом. Это яркие, а значит, сравнительно близкие звёзды, которые, как все другие близкие звёзды, заметно изменяют своё взаимное расположение. Разумеется, фундаментальный каталог содержит не только координаты, но и собственные движения звёзд. Однако собственные движения тоже определены с некоторой погрешностью. Поэтому с течением времени положения звёзд, вычисленные по каталогу, становятся всё менее точными. Срок «полезной жизни» каталога — несколько десятилетий. После этого нужно составлять новый фундаментальный каталог, хотя и содержащий те же самые звёзды. Последний фундаментальный каталог, обозначаемый FK 5 («Пятый фундаментальный каталог»), составлен в 1988 г.

А что если в качестве главных выбрать такие объекты, которые, находясь очень далеко от нас, практически не перемещались бы по небу? Самые далёкие из известных небесных тел —

Зеркальный секстант — инструмент, с помощью которого определяли положение светил на небесной сфере.





в длительное путешествие отправились аппараты «Вояджер -1, -2», причём «Вояджер-2» был запущен раньше, 20 августа 1977 г., по «медленной» траектории, а «Вояджер-1» — 5 сентября 1977 г. по «быстрой».

«Вояджер-1» совершил пролёт около Юпитера в марте 1979 г., а «Вояджер-2» прошёл мимо гиганта на четыре месяца позже. Они передали на Землю снимки облачного покрова Юпитера и поверхностей ближайших спутников с удивительными подробностями. Атмосферные массы красного, оранжевого, жёлтого, коричневого и синего цветов постоянно перемещались. Полосы вихревых потоков захватывали друг друга, то сужаясь, то расширяясь. Скорость перемещения облаков оказалась равной 11 км/с. Большое Красное Пятно вращалось против часовой стрелки и делало полный оборот за 6 ч. «Вояджер-1» впервые показал, что у Юпитера имеется система бледных колец, расположенных на расстоянии 57 тыс. километров от облачного покрова планеты, а на спутнике Ио действуют восемь вулканов. «Вояджер-2» сообщил спустя несколько месяцев, что шесть из них продолжают активно действовать. Фотографии других галилеевых спутников — Европы, Ганимеда и Каллисто — показали, что их поверхности резко отличаются друг от друга.

Американский космический аппарат «Галилео», доставленный на околоземную орбиту в грузовом отсеке корабля многоразового использования «Атлантис», представлял собой аппарат нового поколения для исследования химического состава и физических характеристик Юпитера, а также для более детального фотографирования его спутников. Аппарат состоял из орбитального модуля для длительных наблюдений и специального зонда, который должен был проникнуть в атмосферу планеты. Траектория «Галилео» была довольно сложной. Сначала аппарат направился к Венере, мимо которой прошёл в феврале 1990 г. Затем по новой траектории в декабре он вернулся к Земле. Были переданы многочисленные фотографии Венеры, Земли и Луны. В октябре 1991 г., проходя через пояс астероидов, аппарат сфотографировал малую планету Гаспра. Вернувшись к Земле второй раз в декабре 1992 г. и получив новое ускорение, он устремился к основной цели своего путешествия — Юпитеру. Оказавшись в августе 1993 г. снова в поясе астероидов, он сфотографировал ещё одну малую планету, Иду.

Спустя два года «Галилео» достиг окрестностей Юпитера. По команде с Земли от него отделился спускаемый зонд и в течение пяти месяцев совершал самостоятельный полёт к границам атмосферы Юпитера со скоростью 45 км/с. За счёт сопротивления её верхних слоёв в течение двух минут скорость снизилась до нескольких сот метров в секунду. При этом перегрузки превосходили земную силу тяжести в 230 раз. Аппарат проник в атмосферу на глубину 156 км и функционировал в течение 57 мин. Данные об атмосфере ретранслировались через основной блок «Галилео».



Космический аппарат «Галилео».

ИССЛЕДОВАНИЯ САТУРНА

Первым космическим аппаратом, посетившим окрестности Сатурна, был «Пионер-11», который 1 сентября 1979 г. прошёл на расстоянии 21 400 км от облачного слоя планеты. Магнитное поле Сатурна оказалось сильнее земного, но слабее, чем у Юпитера. Была уточнена масса Сатурна. По характеру поля тяготения сделан вывод, что внутреннее строение Сатурна похоже на строение Юпитера. По данным измерений инфракрасного излучения учёные определили температуру видимой поверхности Сатурна. Она оказалась равной 100 К, и этот факт свидетельствовал о том, что планета излучает приблизительно в два раза больше тепла, чем получает от Солнца. В высоких широтах Сатурна предполагалось наличие полярных сияний.

Впервые были получены изображения Титана, самого крупного из семейства спутников Сатурна, но, к сожалению, разрешение было очень низким.



очень простые наблюдения: измерял видимые взаимные расстояния (углы) между звёздами. Он медленно вращался, постепенно изменяя направление оси вращения. Благодаря этому всё небо было им осмотрено несколько раз. В течение пяти лет данные, полученные со спутника, обрабатывались с применением самых мощных вычислительных машин. В результате были определены координаты, собственные движения и параллаксы 118 218 звёзд; среди них почти все звёзды, которые ярче 9-й звёздной величины, а самые слабые имеют звёздную величину 12,4. Точность очень высока — около 0,001″.

Есть и другие результаты работы спутника. Были измерены звёздные величины и цвета свыше миллиона звёзд. Открыто несколько тысяч двойных звёзд. К сожалению, спутник не мог определять лучевые скорости.

* * *

Наблюдая взаимное перемещение звёзд на небе, можно многое узнать не только об их движении, но и о движении Солнца. Как это понять? Когда человек идёт по лесу, ему кажется, что деревья впереди расходятся в стороны. Точно так же, если Солнце движется в каком-то направлении, нам будет казаться, что звёзды расходятся от этого направления. Такое расхождение звёзд на самом деле было обнаружено. Точка небесной сферы, в направлении которой движется наше светило относительно ближайших звёзд (она называется *апексом* Солнца) находится в созвездии Геркулеса. Скорость этого движения около 20 км/с. Интересно, что скорости и направления движения Солнца относительно звёзд разных спектральных классов несколько отличаются.

Результаты работы астрометристов используются для организации полётов межпланетных автоматических станций. Так, при подготовке космических аппаратов, направленных к комете Галлея, специально составлялись каталоги положений звёзд, относительно которых измерялось движение кометы. Если бы не были известны положения и движения фундаментальных и многих других звёзд, устроить встречу космического аппарата и кометы не удалось бы.

Астрометрия помогает «навести мосты» между результатами астрономических наблюдений в различных спектральных диапазонах. Предположим, мы наблюдаем какой-нибудь источник рентгеновского излучения и хотим узнать, не излучает ли он и в видимом свете? Есть только один способ узнать это: сравнить координаты источника, определённые в рентгеновском диапазоне, с координатами всех светил, наблюдаемых в видимом свете. Совпадение координат в пределах ошибок наблюдений говорит о том, что, может быть, видимый свет и рентгеновское излучение приходят от одного и того же небесного тела.

С древних времён одним из главных практических применений астрометрии была навигация. В наше время создана система спутниковой навигации. Чтобы узнать свои координаты на Земле, достаточно иметь приёмник спутниковой навигации. Его можно установить на самолёте, в автомобиле или носить с собой. С его помощью можно даже произвести разбивку участка для строительства дома. Навигационные спутники Земли, посылающие радиоизлучение с нужны-

«КАРТА НЕБА»

Расскажем об одном любопытном международном предприятии в области астрометрии. В конце XIX в. астрономы решили зафиксировать положения большого числа звёзд, чтобы потом, через значительный промежуток времени, вновь повторить эти наблюдения и определить движения звёзд и другие изменения, происходящие на небе. Работа получила название «Карта неба». В ней приняли участие 19 обсерваторий, расположенных по всему миру. Были построены специальные телескопы для фотографирования неба (нормальные астрографы). С их помощью отснято 22 тыс. фотопластинок, запечатлевших всё небо. На пластинках были измерены положения около 5 млн звёзд. Наблюдения и измерения пластинок завершились в первой половине XX в. Однако обработать такой объём данных под силу только вычислительной машине. А их тогда ещё не было. Результаты опубликовали в «сыром» виде в 252 томах. И только в наше время удалось выполнить нужные вычисления с применением современных компьютеров. Труд наших предшественников не только не пропал даром, но приобрёл гораздо большее значение, чем они могли предполагать.



Получены изображения пяти ранее известных спутников и десяти новых, небольших по размерам. На Обероне обнаружено несколько крупных кратеров и гора высотой около 6000 м, на Титании — многочисленные кратеры и долины. Поверхность Умбриэля очень гладкая, на ней видны кратеры и светлое пятно. Сильно кратерированная поверхность Ариэля со следами различных геологических процессов напоминает спутник Сатурна Энцелад. Наиболее сложной оказалась поверхность Миранды, испещрённая бороздами, хребтами и разломами глубиной несколько километров. Такая активная тектоническая деятельность оказалась неожиданной на спутнике, диаметр которого меньше 500 км.

Под действием поля тяготения Урана траектория «Вояджера-2» снова изменилась, и он направился к Нептуну.

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕПТУНА

К моменту встречи с Нептуном 25 августа 1989 г. «Вояджер-2» преодолел расстояние 4,5 млрд километров. Несмотря на долгий путь, занявший 12 лет, и многочисленные коррекции траектории при перелёте от Юпитера к Сатурну и Урану, «Вояджер» оказался на минимальном расстоянии от Нептуна (менее 5 тыс. километров) в точно рассчитанное на Земле время.

На цветных снимках, синтезированных на основе слабых сигналов с «Вояджера», видимая поверхность Нептуна представляет собой плотный облачный слой голубого цвета с полосами и белыми и тёмными пятнами. Сильный вихревой шторм размером с нашу планету вращается против часовой стрелки. У Нептуна обнаружено магнитное поле, ось магнитных полюсов отклонена на 50° от оси вращения планеты. «Вояджер-2» выявил у Нептуна также пять слабых колец.

По наземным исследованиям были известны лишь два спутника: Тритон и Нереида, обращающиеся вокруг Нептуна в обратном направлении. «Вояджер» открыл ещё шесть спутников размерами от 200 до 50 км, вращающихся в том же направлении, что и Нептун. У Тритона и Нереиды в ультрафиолетовом диапазоне обнаружены явления, напоминающие земные полярные сияния.

Тритон имеет очень тонкую газовую оболочку, верхний слой которой состоит из азота. В нижних слоях обнаружены метан и твёрдые частицы азотных образований. Наряду с кратерами на его поверхности открыты действующие вулканы, каньоны и горы.

«Вояджер-2» продолжает исследование космического пространства за пределами Солнечной системы. Учёные надеются получать сведения с этого космического аппарата до 2013 г.







Инфракрасный спутник IRAS.

испускаемых самим телескопом. Поэтому за всю историю космических полётов в космосе работало очень мало инфракрасных телескопов. Первая инфракрасная обсерватория была запущена в январе 1983 г. в рамках совместного американо-европейского проекта IRAS.

В состав комплекса IRAS входил телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 57 см. Детекторы регистрировали ИК-излучение с длинами волн 12, 25, 60 и 100 мкм. Чтобы уменьшить влияние фонового излучения, инструмент охлаждался жидким гелием, имевшим температуру всего 2,4 К. Спутник проработал на орбите 10 месяцев и отключился после исчерпания запасов охладителя. Из-за особенностей орбиты IRAS передавал данные наблюдений на Землю дважды в день; во время этих же сеансов связи он получал новые задания и снова на полдня отключался.

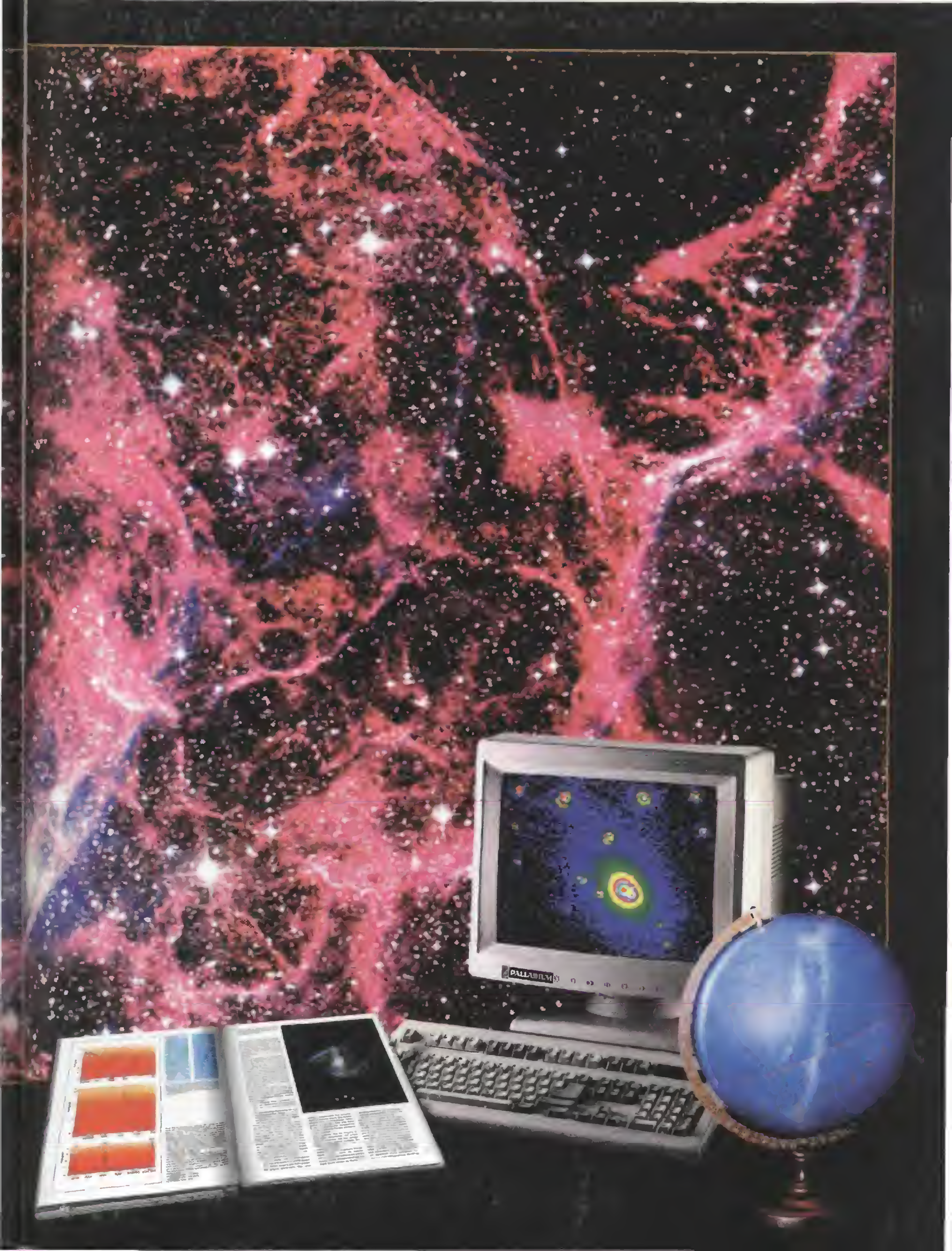
Главной задачей телескопа IRAS были поиски источников длинноволнового ИК-излучения, составление карт неба в инфракрасном диапазоне. На это отводилось 60% времени наблюдений. За время полёта полный обзор всего неба был проведён шесть раз — для обнаружения переменных источников. IRAS осуществил наблюдения около 250 тыс. источников инфракрасного излучения.

На телескопе IRAS впервые были открыты тысячи галактик с мощным инфракрасным излучением, в том числе такие, которые в ИК-диапазоне излучают больше энергии, чем во всех остальных областях спектра. Это излучение в основном связано с межзвёздной пылью, нагреваемой недавно образовавшимися звёздами. IRAS позволил подробнее изучить свойства пылевых частиц и в нашей Галактике. Интерес к инфракрасным источникам в газопылевых облаках связан с тем, что именно эти облака, по современным представлениям, являются «звёздными яслями». Только что родившаяся звезда, окружённая газовым облаком, не видна с Земли, так как её излучение полностью поглощается пылью. При этом пыль нагревается и начинает светиться сама, но в отличие от звезды не в видимом, а в инфракрасном диапазоне. По характеру излучения пыли можно судить о свойствах звезды, которая прячется в недрах облака. IRAS обнаружил множество таких протозвёздных объектов. С его помощью были открыты пылевые облака и вокруг многих известных звёзд. В частности, пылевой диск, представляющий, вероятно, так и не сформировавшуюся планетную систему, был обнаружен у Веги, одной из самых ярких звёзд неба.

Многие открытия этого телескопа связаны с Солнечной системой. За шесть последних месяцев наблюдений он обнаружил шесть новых астероидов, позволил прояснить природу пылевых поясов между орбитами Марса и Юпитера. Его наблюдения пролили свет на содержание пыли в кометах.

Результаты, полученные на телескопе IRAS, обрабатываются до сих пор. Но недостатки этого телескопа — малая чувствительность и низкая разрешающая способность (примерно такая же, как у невооружённого глаза) — не позволили ответить на вопрос о природе и происхождении многих ИК-источников.

В ноябре 1989 г. на орбиту вышел специализированный ИК-телескоп COBE, предназначенный для исследований реликтового излучения, сохранившегося со времени Большого Взрыва и имеющего температуру 2,7 К. Исследования этого излучения позволили получить информацию о самом начале развития Вселенной, о первых галактиках и звёздах.







Миссия обслуживания Хаббловского космического телескопа.

планируется начать поиск планет у ближайших звёзд.

Специалисты НАСА предполагают повторять подобные «сервисные» полёты в среднем раз в три года и считают, что срок службы телескопа на орбите может превысить запланированные изначально 15 лет.

Хаббловский телескоп оказался невероятно дорогостоящим, но тем не менее очень эффективно работающим астрономическим инструментом. Угловое разрешение телескопа получилось лучше 0,1″, что на порядок выше, чем у наземных оптических инструментов (под таким углом, например, будет видна муха с расстояния около 20 км). С помощью этого телескопа удалось увидеть и исследовать такие мелкие детали самых различных астрономических объектов, которые ранее были недоступны телескопам. Упомянем лишь некоторые из его достижений.

Получены чёткие изображения планет Солнечной системы, которые ранее можно было сделать только с помощью межпланетных станций. Так, удалось проследить за сезонными изменениями вида полярной шапки Марса и всей поверхности этой планеты, за извержением вулкана на спутнике Юпитера Ио, за падением на Юпитер кометы. Впервые учёные смогли увидеть детали поверхности Плутона. Чрезвычайно ценный материал получен по яркой комете Хейла — Боппа: астрономы следили за тем, как у кометы по мере приближения к Солнцу формируется хвост, как происходят взрывоподобные выбросы пыли с поверхности её ядра. Это дало неоценимый материал о составе и природе комет.

Учёные увидели мельчайшие детали межзвёздных газовых туманностей, обнаружили протопланетные диски, окружающие молодые звёзды, струи газа, выбрасываемые формирующимися звёздами, новые типы планетарных туманностей со сложной структурой газовых волокон.

Удалось заглянуть в самые плотные центральные части шаровых звёздных скоплений и галактик, получить веские свидетельства существования в ядрах многих галактик невидимых объектов с массой в сотни миллионов и миллиарды масс Солнца (по-видимому, чёрных дыр).

Удалось найти и исследовать пульсирующие звёзды — цефеиды — в далёких галактиках и по ним оценить расстояние до этих звёздных систем, уточнив тем самым всю шкалу межгалактических расстояний.

Реализовалась возможность увидеть наконец во всех деталях те галактики, внутри которых находятся квазары: яркий свет квазаров мешает выделить при наземных наблюдениях слабое свечение породивших их звёздных систем.

Оказалось возможным детально исследовать в некоторых галактиках очень трудные для наблюдений околоядерные звёздно-газовые диски размерами порядка тысячи световых лет и даже наблюдать в них отдельные молодые звёздные скопления.

В рамках специально разработанной программы «Глубокое поле», нацеленной на исследование особенно далёких галактик, на телескопе получены изображения предельно слабых объектов — до 30-й звёздной величины. Большинство из них являются галактиками, которые (из-за конечной скорости света) мы наблюдаем в эпоху ранней молодости. Их сравнение с современными галактиками значительно продвинуло наше понимание того, как миллиарды лет назад формировались звёздные системы.

Работа космического телескопа рассчитана на длительный срок. Данные, полученные с его помощью по различным наблюдательным программам, через определённое время



► Хаббловский космический телескоп над Землёй.

и звезда перестала быть для вас живым светилом». Действительно, звёзды стали рассматриваться как физические объекты, для описания которых вполне достаточно известных законов природы.

Однако на пути этого описания учёных ждали многочисленные трудности. Покровы тайны спадали со звёзд неохотно, и каждая решённая загадка ставила перед пытливыми умами десятки новых. К тому же время от времени приходилось расставаться с устоявшимися представлениями. О том, что некоторые звёзды меняют свой блеск, знали ещё древние греки. Наука Нового времени показала, что это свойство присуще в той или иной степени очень многим звёздам. Веками звёзды именовались неподвижными. Лишь в 1718 г. английский астроном Эдмунд Галлей обнаружил, что три яркие звезды — Сириус, Процион и Арктур — медленно перемещаются относительно других звёзд. Последующие наблюдения подтвердили, что это свойство звёзд является правилом, а не исключением. Другой английский астроном, Уильям Гершель, в конце XVIII в. предполагал, что все звёзды излучают одинаковое количество света, а различия в видимой яркости обусловлены лишь неодинаковым удалением их от Земли. Но когда в 1837 г. были измерены расстояния до ближайших звёзд, оказалось, что и это впечатление не соответствует действительности.

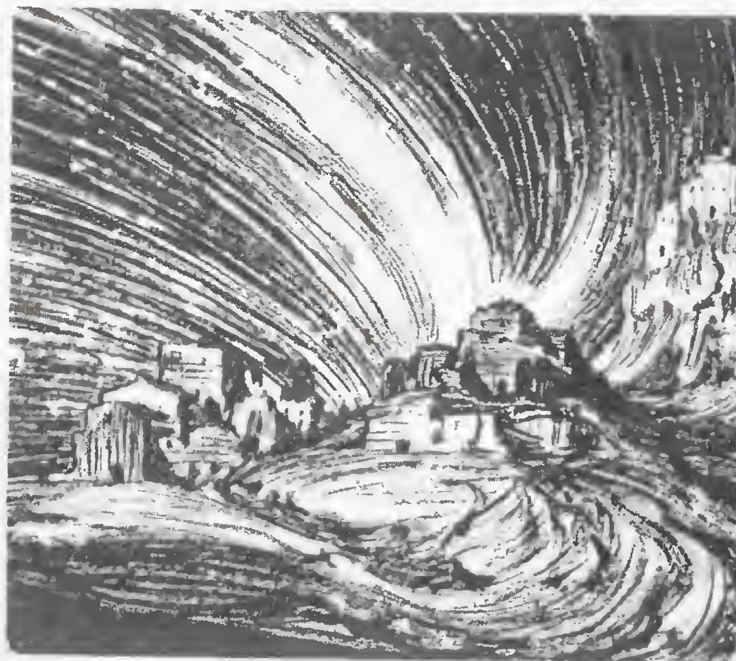
Нам повезло — мы живём в относительно спокойной области Вселенной. Возможно, именно благодаря этому жизнь на Земле возникла и существует в продолжение такого



▲ Участок неба над горами Юра́ (Швейцария). На нём заметны богатые яркими звёздами зимние созвездия. В центре — Орион. Пояс Ориона (три близкие яркие звезды) указывает левым концом на Сириус — самую яркую звезду неба, а правым — на Альдебаран (α Тельца).

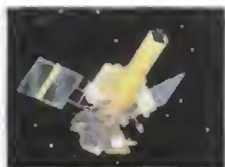


Гюстав Доре. Вифлеемская звезда.

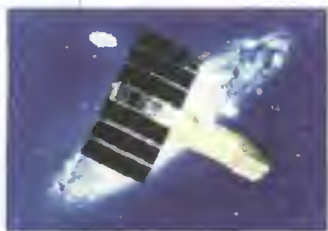


Константин Богаевский. Звезда Полынь.





Советская рентгеновская обсерватория ГРАНАТ.



Японская рентгеновская обсерватория ASCA.

▸ Рентгеновская обсерватория «Квант» состыковывается со станцией «Мир» и грузовым кораблём «Прогресс».

ра, установленные на трофейных немецких ракетах «Фау-2». В 1949 г. одна из этих ракет впервые уловила рентгеновское излучение от ближайшего к нам источника — Солнца, а в 1962 г. был обнаружен первый источник за пределами Солнечной системы. Точность приборов на ракетах была невысока, но учёных тогда интересовали не столько характеристики космических рентгеновских источников, сколько сам факт их существования. Устанавливать более сложное оборудование было, конечно, невыгодно, так как чаще всего по окончании полёта оно разрушалось вместе с ракетой. В те годы рентгеновские телескопы часто поднимались в небо также на воздушных шарах — стратостатах.

В 1970 г. на околоземную орбиту вышел спутник «Ухуру» (США), предназначенный для поиска рентгеновских источников по всему небу. С этого времени рентгеновская астрономия превратилась в полноправную отрасль науки о Вселенной, а точность измерения потоков рентгеновского излучения приблизилась к точности наблюдений в других диапазонах спектра. Предел чувствительности ракетных наблюдений едва превышал интенсивность рентгеновского излучения Крабовидной туманности. Космические наблюдения на «Ухуру» позволили фиксировать лучи в тысячу раз меньшей интенсивности.

«Ухуру» зарегистрировал много рентгеновских источников различной природы. Некоторые его открытия стали основополагающими. Например, он обнаружил жёсткое (коротковолновое) излучение от двойной звезды Геркулес Х-1. Это позволило предположить, что по крайней мере часть такого излучения вызвана явлениями перетекания вещества со звезды на звезду в тесных двойных системах. Кроме того, спутник зарегистрировал рентгеновское излучение, приходящее из межгалактического пространства в скоплениях галактик. Это доказывало, что галактики погружены в разреженный и очень горячий газ. Наконец один из невидимых источников, обнаруженных «Ухуру», — Лебедь Х-1 — оказался связанным с объектом, который имеет слишком большую массу, чтобы быть нейтронной звездой. Это позволило считать его первым кандидатом в чёрные дыры.

По мере совершенствования техники на орбиту поднимались всё более сложные и разнообразные приборы. С их помощью были подробно изучены объекты, обнаруженные на «Ухуру», и совершены новые открытия. В 1975 г. секретный американский спутник «Вела» и Астрономический Нидерландский Спутник (АНС) зарегистрировали *рентгеновские барстеры* (от *англ.* burst — «вспышка») — вспышки жёсткого излучения. На АНС удалось также измерить рентгеновское излучение звёздных корон (верхних атмосфер) у Капеллы и Сириуса.

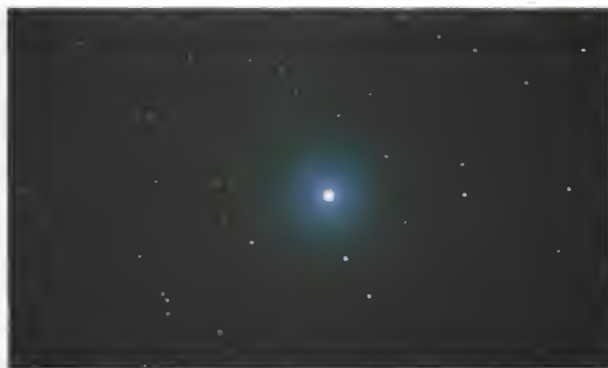
В ноябре 1978 г. ракета-носитель «Атлас» подняла в космическое пространство рентгеновскую обсерваторию «Эйнштейн», чувствительность которой в 10 тыс. раз превышала чувствительность телескопа «Ухуру». Наблюдения на этой обсерватории показали, что почти каждая звезда благодаря горячей газовой короне является источником рентгеновского излучения, подобного солнечному. Впервые в этом диапазоне наблюдались остатки вспышек сверхновых — сброшенные звёздами расширяющиеся оболочки, заполненные горячим газом. «Эйнштейн» зарегистрировал жёсткое излучение многих звёздных скоплений, галактик и квазаров. Оказалось, что рентгеновское излучение во Вселенной — явление такое же обычное, как и излучение оптического диапазона.







Сириус (α Большого Пса).



Ригель (β Ориона).

дов лет. Как только не пытались учёные выйти из этого тупика!

Задача существенно усложнилась после того, как звёзды предстали перед исследователями во всём многообразии своих свойств.

Основными характеристиками звезды, которые могут быть тем или иным способом определены из наблюдений, являются мощность её излучения (в астрономии она называется светимостью), масса, радиус, температура и химический состав атмосферы. Зная данные параметры, можно рассчитать возраст звезды. Интересно, что по всем этим характеристикам Солнце занимает среднее положение, ничем особенно не выделяясь среди других звёзд. Перечисленные выше параметры изменяются в очень широких пределах. Кроме того, они взаимосвязаны. Звёзды самой высокой светимости, как правило, обладают наибольшей массой, и наоборот, маломассивные звёзды светят очень слабо. Все параметры звезды зависят от её возраста, массы и химического состава.

Астрономы не в состоянии проследить жизнь одной звезды от начала и до конца. Даже самые короткоживущие звёзды существуют миллионы лет — дольше жизни не только одного человека, но и всего человечества. Однако учёные могут наблюдать много звёзд, находящихся на самых разных стадиях своего развития, — только что родившиеся и умирающие. По многочисленным звёздным портретам они стараются восстановить



Солнце — ближайшая к нам звезда.





Обсерватории НЕАО-1, -2, -3.



Космический корабль «Улисс».



Комптоновская гамма-обсерватория.

обнаружили 73 вспышки. Наблюдения с других космических аппаратов позволили многократно увеличить их число, но только в 1997 г. удалось получить первые оптические отождествления гамма-вспышек. Их природа окончательно не выяснена.

На космических обсерваториях наблюдаются и другие источники сверхжёсткого излучения. В августе 1975 г. на околоземную орбиту вышел гамма-телескоп «Cos-B». В его задачи входили наблюдения постоянно действующих галактических и внегалактических источников. На этом телескопе наблюдалось гамма-излучение от некоторых пульсаров. На обсерватории НЕАО-3, запущенной в сентябре 1979 г., проводились наблюдения гамма-линий — потоков гамма-квантов в узком диапазоне энергий, образующихся во время ядерных реакций при вспышках новых и сверхновых звёзд.

Гамма-телескопы устанавливались также на многих межпланетных кораблях. Успешные наблюдения 85 гамма-всплесков были проведены на советских станциях «Венера-11» и «Венера-12». Оборудование для регистрации жёсткого излучения использовалось на советских зондах «Фобос-1» и «Фобос-2» и американском корабле «Улисс», предназначенном для изучения полярных областей Солнца. При помощи этой аппаратуры изучалось гамма-излучение, возникающее во время солнечных вспышек.

Крупнейшая гамма-обсерватория весом 17 т, действующая и поныне, вышла в околоземное пространство 5 апреля 1991 г. На ней установлено четыре телескопа, которые регистрируют излучение в очень широком диапазоне энергий — от 30 тыс. до 30 млрд электронвольт! Эта обсерватория носит имя американского физика Артура Комптона, получившего Нобелевскую премию за исследования электромагнитного излучения высокой энергии.

Телескопы Комптоновской обсерватории позволили получить новую информацию о солнечных вспышках и гамма-излучении активных ядер галактик и далёких квазаров, о нейтронных звёздах и кандидатах в чёрные дыры, о таинственных гамма-вспышках, об аннигиляции электронов и позитронов, при которой рождаются гамма-кванты определённой энергии, о взаимодействии энергичных космических лучей с атомами межзвёздного газа и о ядерных реакциях в новых и сверхновых звёздах.

* * *

Общее количество космических обсерваторий превышает уже несколько десятков. Понятно, что в короткой статье можно было рассказать только о некоторых из них. И всё же нельзя не упомянуть ещё об одном весьма успешном проекте. С целью проведения внеатмосферных астрометрических наблюдений в августе 1989 г. в космос был запущен специализированный спутник «Гиппаркос». В ходе наблюдений он, в частности, измерил координаты свыше 118 тыс. звёзд с точностью до тысячных долей угловой секунды и определил положения и цветовые характеристики около миллиона звёзд. (Подробнее об этом спутнике можно прочесть в статье «Где находятся и куда движутся светила».)

КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕДИЦИИ ПО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Писатели-фантасты, отправлявшие своих героев к другим мирам, даже не предполагали, как быстро реализуются эти мечты. От первых запусков маленьких ракет, поднявшихся на несколько десятков метров, до первого искусственного спутника Земли прошло всего 30 лет. В наши дни многочисленные космические аппараты фотографируют поверхности далё-



быть и раньше, эти звёзды могут взорваться как сверхновые (так называют взрывающиеся звёзды с большой энергией вспышки).

История изучения химического состава звёзд начинается с середины XIX в. Ещё в 1835 г. французский философ Огюст Конт писал, что химический состав звёзд навсегда останется для нас тайной. Но вскоре был применён метод спектрального анализа, который теперь позволяет узнать, из чего состоят не только Солнце и близкие звёзды, но и самые удалённые галактики и квазары. Спектральный анализ дал неоспоримые доказательства физического единства мира. На звёздах не обнаружено ни одного неизвестного химического элемента. Единственный элемент — гелий — был открыт сначала на Солнце и лишь потом на Земле. Но неизвестные на Земле физические состояния вещества (сильная ионизация, вырождение) наблюдаются именно в атмосферах и недрах звёзд.

Наиболее обильным элементом в звёздах является водород. Приблизительно втрое меньше содержится в них гелия. Правда, говоря о химическом составе звёзд, чаще всего имеют в виду содержание элементов тяжелее гелия. Доля тяжёлых элементов невелика (около 2%), но они, по выражению американского астрофизика Дэвида Грея, подобно щепотке соли в тарелке супа, придают особый вкус работе исследователя звёзд. От их количества во многом зависят и размер, и температура, и светимость звезды.

После водорода и гелия на звёздах наиболее распространены те же элементы, которые преобладают в химическом составе Земли: кислород, углерод, азот, железо и др. Химический состав оказался различным у звёзд разного возраста. В самых старых звёздах доля элементов тяжелее гелия значительно меньше, чем на Солнце. В некоторых звёздах содержание железа меньше солнечного в сотни и тысячи раз. А вот звёзд, где этих элементов было бы больше, чем на Солнце, сравнительно немного. Эти звёзды (многие из них двойные), как правило, являются необычными и по другим параметрам: температуре, напряжённости магнитного поля, скорости вращения. Некоторые звёзды выделяются по содержанию какого-нибудь одного элемента или группы элементов. Таковы, например, бариевые или ртутно-марганцевые звёзды. Причины подобных аномалий пока малопонятны.





Ночное небо. Звёзды созвездий Ориона, Большого Пса (слева) и Возничего (справа).



Башня одного из крупнейших современных телескопов — шестиметрового рефрактора БТА (Зеленчук, Северный Кавказ, Россия).





Космический аппарат «Сервейор».



Лунная экспедиция «Аполлон-11». Первый человек ступает на поверхность иного небесного тела.

её выносные приборы исследовали свойства лунного грунта, а телевизионные камеры фотографировали окружающую местность.

Мягкие посадки в различных районах Луны осуществили американские космические аппараты «Сервейор-3, -5, -6, -7» (1967—1968 гг.), которые должны были исследовать лунную поверхность и выбрать места посадок космических кораблей серии «Аполлон». Пять американских искусственных спутников «Лунар орбитер» в 1966—1967 гг. фотографировали Луну и изучали её гравитационное поле. Детальная съёмка поверхности в районе лунного экватора, выполненная этими спутниками, также нужна была для отбора будущих мест посадок космических кораблей с астронавтами.

Отработка элементов программы полёта на Луну проводилась сначала непилотируемыми кораблями серии «Аполлон», а затем и пилотируемыми («Аполлон-8, -9, -10»). Весил «Аполлон» 44 т и состоял из основного блока и лунной кабины, включавшей посадочную и взлётную ступени. Пилотируемые облёты Луны планировались и в нашей стране. Для отработки манёвров на орбите использовались космические аппараты «Зонд-4, -5, -6, -7, -8». Однако от этих планов отказались после того, как такие облёты совершили американские астронавты.

Место посадки лунной кабины космического корабля «Аполлон-11» было выбрано в Море Спокойствия, где уже побывали аппараты «Рейнджер-8» и «Сервейор-5». Астронавты Нил Армстронг и Эдвин Олдрин осуществили посадку 20 июля 1969 г. Первым из кабины вышел Армстронг, произнеся при этом фразу, ставшую исторической: «Это небольшой шаг для человека, но огромный скачок для человечества». Астронавты разговаривали с президентом США, используя космическую радиосвязь; установили отражатель лазерного излучения, сейсмометр, сделали снимки, собрали 22 кг образцов лунного грунта. Все работы заняли у них 2 ч 30 мин. За это время астронавты удалялись от посадочного модуля на расстояние до 100 м. В основном блоке на орбите находился Майкл Коллинз, который также проводил научные исследования.

Астронавты «Аполлона-12», запущенного 14 ноября 1969 г., Чарлз Конрад и Алан Бин совершили посадку в районе Океана Бурь, недалеко от лунного экватора. В основном блоке корабля на орбите вокруг Луны оставался Ричард Гордон. Конрад и Бин дважды выходили на поверхность, установили аппаратуру для изучения сейсмической активности Луны и состава частиц солнечного ветра у её поверхности. Поскольку место посадки было выбрано рядом со станцией «Сервейор-3», которая пробыла на Луне два года семь месяцев, в задачу астронавтов входило её обследование. Они не обнаружили никаких следов разрушения станции; только слой рыже-коричневой пыли покрывал её. На этот раз было собрано 34 кг образцов лунной породы.

Экипаж «Аполлона-13» не смог выполнить посадку на Луну из-за взрыва в двигательном отсеке основного блока. Совершив облёт Луны, астронавты вернулись на Землю через семь дней.

Советская автоматическая станция «Луна-16» в сентябре 1970 г.







Лунная экспедиция «Аполлон-17»:

1. Геолог на Луне.

2. Земляне в необычном пейзаже.

3. Лунный автомобиль.



шлось вводить дробные значения. Звёздные величины обозначают индексом m (от *лат.* magnitudo — «величина»), который ставят вверху после числового значения. Например, яркость Полярной звезды $2{,}3^m$.

Чтобы оценить блеск ярчайших небесных светил, шести ступеней было недостаточно. Появились нулевые и отрицательные звёздные величины. Так, полная Луна имеет блеск около -11^m (в 10 тыс. раз ярче самой яркой звезды — Сириуса), Венера — до -4^m. С изобретением телескопа астрономы познакомились со звёздами слабее 6^m. Даже в бинокль могут быть видны звёзды 10^m, а крупнейшим телескопам доступны объекты 27–29^m.

Видимый блеск — легко измеряемая, важная, но далеко не исчерпывающая характеристика. Для того чтобы установить мощность излучения звезды — *светимость,* надо знать расстояние до неё.

РАССТОЯНИЯ ДО ЗВЁЗД

Расстояние до далёкого предмета можно определить, не добираясь до него физически. Нужно измерить направления на этот предмет с двух концов известного отрезка (базиса), а затем рассчитать размеры треугольника, образованного концами отрезка и удалённым предметом. Это можно сделать, потому что в треугольнике известна одна сторона (базис) и два прилежащих угла. При измерениях на Земле этот метод называют триангуляцией.

Чем больше базис, тем точнее результат измерения. Расстояния до звёзд столь велики, что длина базиса должна превосходить размеры земного шара, иначе ошибка измерения будет больше измеряемой величины. К счастью, наблюдатель вместе с нашей планетой путешествует в течение года вокруг Солнца, и если он произведёт два наблюдения одной и той же звезды с интервалом в несколько месяцев, то окажется, что он рассматривает её с разных точек земной орбиты, — а это уже порядочный базис. Направление на звезду изменится: она немного сместится на фоне более далёких звёзд и галактик. Это смещение называется *параллактическим*, а угол, на который сместилась звезда на небесной сфере, — *параллаксом.* Из геометрических соображений ясно, что он в точности равен тому углу, под которым были бы видны эти две точки земной орбиты со стороны звезды, и зависит как от расстояния между точками, так и от их ориентации в пространстве.

Годичным параллаксом звезды называется угол, под которым с неё был бы виден средний радиус земной орбиты, перпендикулярный направлению на звезду.

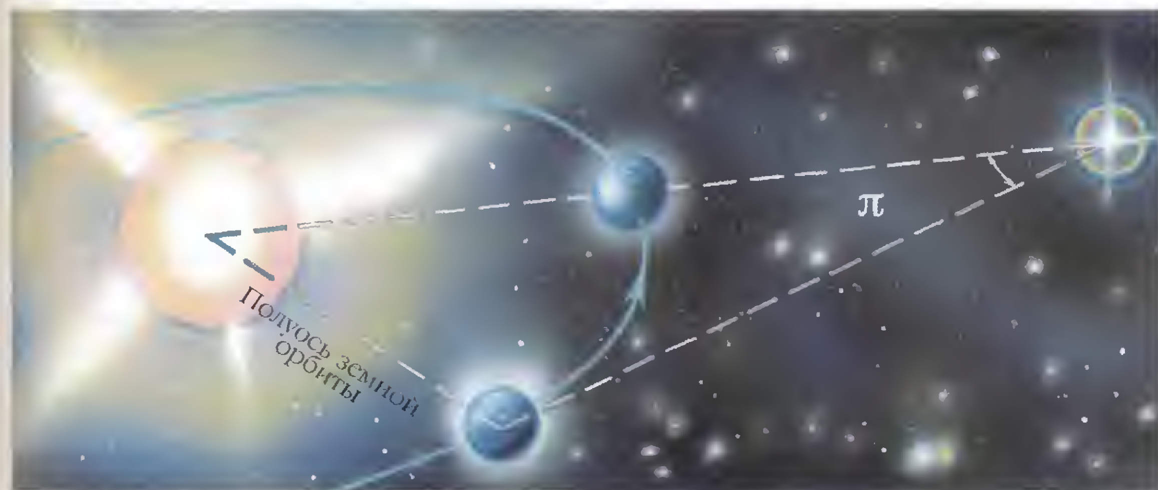


Схема годичного параллакса.





Станция «Клементина».

поверхности Луны ею выполнены измерения высот рельефа, а также уточнены толщина лунной коры, модель гравитационного поля и некоторые другие параметры.

В недалёком будущем начнётся освоение Луны. Уже в наши дни детально разрабатываются проекты создания на её поверхности постоянно действующей обитаемой базы. Длительное или постоянное присутствие на Луне сменных экипажей такой базы позволит решать более сложные научные и прикладные задачи.

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕРКУРИЯ

О поверхности ближайшей к Солнцу планеты ничего не было известно до полёта космического аппарата «Маринер-10», запущенного 3 ноября 1973 г. Вес научной аппаратуры составлял около 80 кг. Сначала аппарат был направлен к Венере, в поле тяготения которой получил гравитационный разгон и, изменив траекторию, 29 марта 1974 г. подлетел к Меркурию. Снимки поверхности, полученные в результате трёх пролётов «Маринера-10» с интервалом в шесть месяцев, показали удивительное сходство рельефа Меркурия с ближайшей соседкой Земли — Луной. Как оказалось, вся его поверхность покрыта множеством кратеров разных размеров.

Учёных несколько разочаровало то, что атмосферы на Меркурии обнаружено не было. Найдены следы аргона, неона, гелия и водорода, но столь незначительные, что можно говорить лишь о вакууме с такой степенью разрежения, которую на Земле не умеют ещё получать.

Во время первого пролёта, проходившего на высоте 705 км, были обнаружены ударная волна плазмы и магнитное поле вблизи Меркурия. Удалось уточнить значение радиуса планеты (2439 км) и её массы.

21 сентября 1974 г. на довольно большом расстоянии (более 48 тыс. километров) был осуществлён второй пролёт около Меркурия. Датчики температуры позволили установить, что в течение дня, продолжительность которого составляет 88 земных суток, температура поверхности планеты поднимается до 510 °С, а ночью опускается до –210 °С. С помощью радиометра был определён тепловой поток, излучаемый поверхностью; на фоне нагретых участков, состоящих из рыхлых пород, выявлены более холодные, представляющие собой скальные породы.

Во время третьего пролёта около Меркурия, происходившего 16 марта 1975 г. на наименьшем расстоянии – 318 км, было подтверждено, что обнаруженное магнитное поле действительно принадлежит планете. Его напряжённость составляет около 1% от напряжённости земного магнитного поля. 3 тыс. фотографий, полученных на этом сеансе, имели разрешение до 50 м. Поскольку три сеанса фотографирования охватывали западное полушарие планеты, восточное оставалось неисследованным.

В настоящее время разрабатываются проекты новых полётов космических станций к Меркурию, которые позволят изучить и его восточное полушарие.

Космический аппарат «Маринер-10».



ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ

Поверхность Венеры полностью скрыта мощным облачным покровом, и только с помощью радиолокаторов возможно «увидеть» её рельеф.

Первый спускаемый аппарат в виде сферы диаметром 0,9 м с теплозащитным покрытием был доставлен космическим аппаратом «Венера-3» в марте 1966 г. Спускаемые аппараты станций «Венера-4, -5, -6» передавали сведения о давлении, температуре и составе атмосферы во время спуска. Однако они не достигли поверхности планеты, поскольку не были рассчитаны на атмосферное давление Венеры, которое составляет, как оказалось, 90 атмосфер! И только спускаемый аппарат «Венеры-7» в декабре 1970 г. опустился наконец на поверхность Венеры и передал данные о составе атмосферы, температуре различных её слоёв и поверхности, а также об изменении давления.



чие — желтоватого, холодные — красноватого. Но даже наиболее холодные звёзды имеют температуру 2—3 тыс. кельвинов — горячее любого расплавленного металла.

Человеческий глаз способен лишь грубо определить цвет звезды. Для более точных оценок служат фотографические и фотоэлектрические приёмники излучения, чувствительные к различным участкам видимого (или невидимого) спектра. Ведь цвет звезды зависит от того, на какой участок спектра приходится наибольшая энергия излучения. Сравнение звёздных величин в разных интервалах спектра (например, в голубом и жёлтом) позволяет количественно охарактеризовать цвет звезды и оценить её температуру.

СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЁЗД

Более полную информацию о природе излучения звёзд даёт спектр. Спектральный аппарат, устанавливаемый на телескопе, при помощи специального оптического устройства — дифракционной решётки — раскладывает свет звезды по длинам волн в радужную полоску спектра. Самое коротковолновое видимое излучение соответствует фиолетовому цвету, а наиболее длинноволновое — красному. По спектру нетрудно узнать, какая энергия приходит от звезды на различных длинах волн, и оценить её температуру точнее, чем по цвету.

Многочисленные тёмные линии, пересекающие спектральную полосу, связаны с поглощением света атомами различных элементов в атмосфере звезды. Так как каждый химический элемент имеет свой набор линий, спектр позволяет определить, из каких веществ состоит звезда (оказалось, из тех же, что известны на Земле, а больше всего в звёздах самых лёгких элементов — водорода и гелия). Но даже у одного и того же элемента набор линий и количество энергии, поглощаемой в каждой из них, зависит от температуры и плотности атмосферы. Разработаны специальные физические методы определения характеристик звезды по анализу её спектра.

В горячих голубых звёздах с температурой свыше 10—15 тыс. кельвинов бо́льшая часть атомов ионизована, так как лишена электронов. Полностью ионизованные атомы не дают спектральных линий, поэтому в спектрах таких звёзд линий мало. Самые заметные принадлежат гелию. У звёзд с температурой 5—10 тыс. кельвинов (к ним относится Солнце) выделяются линии водорода, кальция, железа, магния и ряда других металлов. Наконец, у более холодных звёзд преобладают линии металлов и молекул, выдерживающих высокие температуры (например, молекул окиси титана).

В начале XX в. в Гарвардской обсерватории (США) была разработана спектральная классификация звёзд. Основные классы в ней обозначаются латинскими буквами (O, B, A, F, G, K, M), они отличаются набором наблюдаемых линий и плавно переходят один в другой. Вдоль этой последовательности уменьшается температура звёзд и меняется их цвет — от голубого к красному. Звёзды, относящиеся к классам O, B и A, называют *горячими* или *ранними*, F и G — *солнечными*, K и M — *холодными* или *поздними*. Для более точной характеристики каждый класс разделён ещё на 10 подклассов, обозначаемых цифрами от 0 до 9, которые ставятся после буквы. Таким образом, получается плавная последовательность подклассов. Например, за подклассом G9 следует K0 и т. д. «Спектральные паспорта» звёзд выглядят следующим образом:

Солнце	G2
Сириус	A1
Канопус	F0
Арктур	K2
Вега	A0
Ригель	B8
Денеб	A2
Альтаир	A7
Бетельгейзе	M2
Полярная	F8



Температура и цвет звёзд.





Космический аппарат «Магеллан».

изображение рельефа поверхности Венеры с разрешением менее 300 м.

В результате всех экспериментов, проведённых с помощью космических аппаратов, Венера, пожалуй, исследована лучше других планет.

ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСА И ЕГО СПУТНИКОВ

Полёт к Марсу занимает шесть — восемь месяцев. Поскольку взаимное расположение Земли и Марса всё время меняется, а минимальные расстояния между ними (противостояния) бывают только раз в два года, момент старта выбирается таким образом, чтобы Марс находился на пересечении с траекторией космического аппарата, достигшего к тому времени его орбиты.

Первый запуск в сторону Марса был осуществлён в начале ноября 1962 г. Советский «Марс-1» прошёл на расстоянии 197 тыс. километров от красной планеты. Фотографии её поверхности были получены американским «Маринером-4», запущенным два года спустя и прошедшим 15 июля 1965 г. на расстоянии 10 тыс. километров от поверхности планеты. Оказалось, что Марс тоже покрыт кратерами. Были уточнены масса планеты и состав её атмосферы. В 1969 г. аппараты «Маринер-6, -7» с расстояния 3400 км от Марса передали несколько десятков снимков с разрешением до 300 м, а также измерили температуру южной полярной шапки, которая оказалась очень низкой (–125 °С).

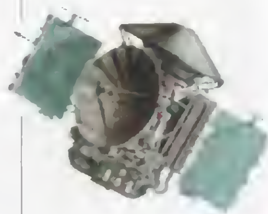
В мае 1971 г. были запущены «Марс-2, -3» и «Маринер-9». Аппараты «Марс-2, -3» массой 4,65 т каждый имели орбитальный отсек и спускаемый аппарат. Мягкую посадку удалось совершить только спускаемому аппарату «Марса-3».

Космические аппараты «Марс-2, -3» вели исследования с орбит искусственных спутников, передавая данные о свойствах атмосферы и поверхности Марса по характеру излучения в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах спектра, а также в диапазоне радиоволн. Была измерена температура северной полярной шапки (ниже –110 °С); определены протяжённость, состав, температура атмосферы, температура поверхности планеты; получены данные о высоте пылевых облаков и слабом магнитном поле, а также цветные изображения Марса.

«Маринер-9» тоже был переведён на орбиту искусственного спутника Марса с периодом около 12 ч. Он передал на Землю 7329 снимков Марса с разрешением до 100 м, а также фотографии его спутников — Фобоса и Деймоса. На снимках марсианской поверхности хорошо видны гигантские потухшие вулканы, множество крупных и мелких каньонов и долин, напоминающих высохшие русла. Марсианские кратеры отличаются от лунных своими выбросами, свидетельствующими о наличии подповерхностного льда, а также следами водной эрозии и ветровой активности.

Целая флотилия из четырёх космических аппаратов «Марс-4, -5, -6, -7», запущенных в 1973 г., достигла окрестностей Марса в начале 1974 г. Из-за неисправности бортовой системы торможения «Марс-4» прошёл на расстоянии около 2200 км от поверхно-

Космический аппарат «Марс-3».





Измерения показали, что самые маленькие звёзды, наблюдаемые в оптических лучах, — так называемые *белые карлики* — имеют в диаметре несколько тысяч километров. Размеры же наиболее крупных — *красных сверхгигантов* — таковы, что, если бы можно было поместить подобную звезду на место Солнца, бо́льшая часть планет Солнечной системы оказалась бы внутри неё.

МАССА ЗВЕЗДЫ

Важнейшей характеристикой звезды является масса. Чем больше вещества собралось в звезду, тем выше давление и температура в её центре, а это определяет практически все остальные характеристики звезды, а также особенности её жизненного пути.

Прямые оценки массы могут быть сделаны только на основании закона всемирного тяготения. Такие оценки удалось получить для большого числа звёзд, входящих в двойные системы, измеряя скорости их движения вокруг общего центра масс. Все другие способы вычисления массы считаются косвенными, поскольку они строятся не на законе тяготения, а на анализе тех звёздных характеристик, которые так или иначе связаны с массой. Чаще всего это светимость. Для многих звёзд выполняется простое правило: чем выше светимость, тем больше масса. Эта зависимость нелинейна: например, с увеличением массы вдвое светимость возрастает более чем в 10 раз.

Массы звёзд заключены в пределах от нескольких десятков примерно до 0,1 массы Солнца. (При меньшей массе температура даже в центре тела будет недостаточно высока для выработки термоядерной энергии, такие объекты окажутся слишком холодными, их нельзя причислить к звёздам.) Таким образом, по массе звёзды различаются всего в несколько сот раз — гораздо меньше, чем по размерам (в сотни тысяч раз) или по светимости (более миллиарда раз).

* * *

Анализируя важнейшие характеристики звёзд, сопоставляя их друг с другом, учёные смогли установить и то, что недоступно прямым наблюдениям: как устроены звёзды, как они образуются и изменяются в течение жизни, во что превращаются, растратив запасы своей энергии.



КАК УСТРОЕНА ЗВЕЗДА И КАК ОНА ЖИВЁТ

Звёзды не останутся вечно такими же, какими мы их видим сейчас. Во Вселенной постоянно рождаются новые звёзды, а старые умирают. Чтобы понять, как эволюционирует звезда, как меняются с течением времени её внешние параметры — размер, светимость, масса, необходимо проанализировать процессы, протекающие в недрах звезды. А для этого надо знать, как устроены эти недра, каковы их химический состав, температура, плотность, давление. Но наблюдениям доступны лишь внешние слои звёзд — их атмосферы. Проникнуть в глубь даже ближайшей звезды — Солнца — мы не можем. Приходится прибегать к косвенным методам: расчётам, компьютерному моделированию. При этом пользуются данными о внешних слоях, известными законами физики и механики, общими как для Земли, так и для звёздного мира.

Условия в недрах звёзд значительно отличаются от условий в земных лабораториях, но элементарные частицы — электроны, протоны, нейтроны — там те же, что и на Земле. Звёзды состоят из тех же химических элементов, что и наша планета. Поэтому к ним можно применять знания, полученные в лабораториях.

Наблюдения показывают, что большинство звёзд устойчивы, т. е. они заметно не расширяются и не сжимаются в течение длительных промежутков



Космический аппарат «Марс-Обсервер».

В 1998 г. Япония планирует запуск к Марсу орбитального аппарата «Планета-Б». На 2003 г. Европейским космическим агентством совместно с США и Россией запланировано создание сети специальных станций на Марсе. Разрабатываются программы полёта на Марс астронавтов. Такая экспедиция займёт более двух лет, поскольку, чтобы вернуться, им придётся ждать удобного взаимного расположения Земли и Марса.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЮПИТЕРА

Изучать планеты-гиганты с помощью космической техники начали на десятилетие позже, чем планеты земной группы. 3 марта 1972 г. с Земли стартовал американский космический аппарат «Пионер-10». Через 6 месяцев полёта аппарат успешно миновал пояс астероидов и ещё через 15 месяцев достиг окрестностей «царя планет», пройдя на расстоянии 130 300 км от него в декабре 1973 г.

С помощью оригинального фотополяриметра получено 340 снимков облачного покрова Юпитера и поверхностей четырёх самых крупных спутников: Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто. Помимо Большого Красного Пятна, размеры которого превышают диаметр нашей планеты, обнаружено белое пятно поперечником более 10 тыс. километров. Инфракрасный радиометр показал, что температура внешнего облачного покрова составляет 133 °С. Было обнаружено также, что Юпитер излучает в 1,6 раза больше тепла, чем получает от Солнца; уточнена масса планеты и спутника Ио.

Космический аппарат «Пионер-10».



Исследования показали, что Юпитер обладает мощным магнитным полем; также была зарегистрирована зона с интенсивной радиацией (в 10 тыс. раз больше, чем в околоземных радиационных поясах) на расстоянии 177 тыс. километров от планеты. Притяжение Юпитера сильно изменило траекторию полёта аппарата. «Пионер-10» начал двигаться по касательной к орбите Юпитера, удаляясь от Земли почти по прямой. Интересно, что шлейф магнитосферы Юпитера был обнаружен за пределами орбиты Сатурна. В 1987 г. «Пионер-10» вышел за границы Солнечной системы.

Трасса «Пионера-11», пролетевшего на расстоянии 43 тыс. километров от Юпитера в декабре 1974 г., была рассчитана иначе. Он прошёл между поясами и самой планетой, не получив опасной дозы радиации. На этом аппарате были установлены те же приборы, что и на предыдущем. Анализ цветных изображений облачного слоя, полученных фотополяриметром, позволил выявить особенности и структуру облаков. Их высота оказалась различной в полосах и расположенных между ними зонах. Согласно исследованиям «Пионера-11», светлые зоны и Большое Красное Пятно характеризуются восходящими течениями в атмосфере. Облака в них расположены выше, чем в соседних областях полос, и здесь холоднее.

Притяжение Юпитера развернуло «Пионер-11» почти на 180°. После нескольких коррекций траектории полёта он пересёк орбиту Сатурна недалеко от самой планеты.

Уникальное взаимное расположение Земли и планет-гигантов с 1976 по 1978 г. было использовано для последовательного изучения этих планет. Под влиянием полей тяготения космические аппараты смогли переходить с трассы полёта от Юпитера к Сатурну, затем к Урану и Нептуну. Без использования гравитационных полей промежуточных планет полёт к Урану занял бы 16 лет вместо 9, а к Нептуну — 20 лет вместо 12. В 1977 г.



оболочки, вещество состоит только из атомных ядер и отдельных электронов. Поскольку поперечник атомного ядра в десятки тысяч раз меньше поперечника целого атома, то в объёме, вмещающем всего десяток целых атомов, могут свободно уместиться многие миллиарды атомных ядер и отдельных электронов. При этом расстояния между частицами вопреки высокой плотности будут всё ещё велики по сравнению с их размерами. Вот почему вещество, плотность которого в центре Солнца в 100 раз превышает плотность воды, — более плотное, чем любое твёрдое тело на Земле! — тем не менее обладает всеми свойствами идеального газа.

Температура внутри звезды тем ниже, чем больше концентрация частиц в газе, т. е. чем меньше его средняя молекулярная масса. Средняя молекулярная масса газа, состоящего из атомов водорода, равна 1, из атомов гелия — 4, натрия — 23, железа — 56. В ионизованном газе число частиц увеличивается за счёт электронов, а общая масса вещества сохраняется неизменной. Поэтому молекулярная масса ионизованного водорода будет 1/2 (две частицы: протон и электрон), ионизованного гелия — 4/3, натрия — 23/12 = 1,92, железа — 56/27 = 2,07. Таким образом, в звёздном веществе все химические элементы, за исключением водорода и гелия, имеют среднюю молекулярную массу, равную примерно 2.

Чем больше водорода и гелия по сравнению с более тяжёлыми элементами, тем ниже температура в центре звезды. Чисто водородное Солнце, например, имело бы температуру в центре 10 млн градусов, гелиевое — 26 млн градусов, а состоящее целиком из более тяжёлых элементов — 40 млн градусов.

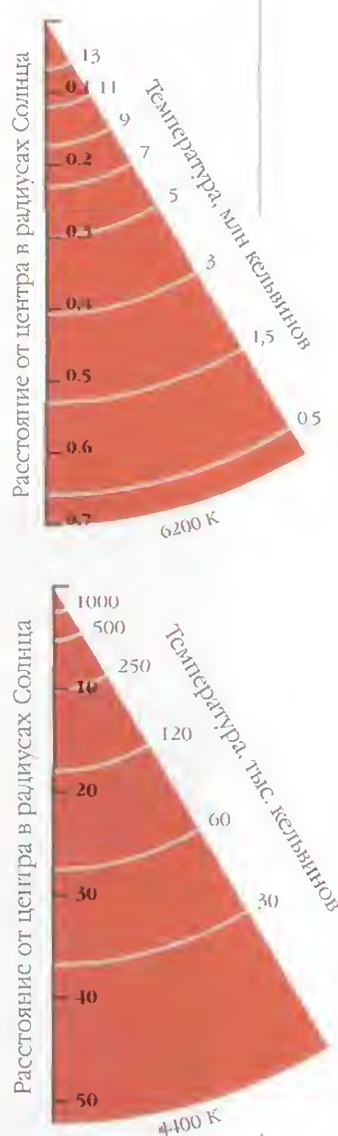
Чтобы получить представление о структуре звезды, пользуются методом последовательных приближений. Задавая некоторое соотношение водорода, гелия и более тяжёлых элементов и зная массу звезды, вычисляют её светимость. Эту процедуру повторяют до тех пор, пока для определённой смеси вычисленная и полученная из наблюдений светимости не совпадут. Данный состав и считается близким к реальному. Оказалось, что для большинства звёзд на долю водорода и гелия приходится не менее 98% массы.

Определение химического состава и физических условий в центральных частях звёзд позволило решить вопрос об источниках звёздной энергии. При температуре 10—30 млн градусов и наличии большого числа ядер водорода протекают термоядерные реакции, в результате образуются ядра различных химических элементов. Не все возможные ядерные реакции годятся на роль источников звёздной энергии, а только такие, которые выделяют достаточно большую энергию и могут продолжаться в течение нескольких миллиардов лет жизни звезды.

После длительных поисков было установлено, что звёзды бóльшую часть своей жизни светят за счёт совершающихся в них преобразований четырёх ядер водорода (протонов) в одно ядро гелия. Масса четырёх протонов больше массы ядра гелия, этот избыток массы и превращается в энергию в термоядерных реакциях. Такая реакция идёт медленно и поддерживает свечение звезды на протяжении миллиардов лет.

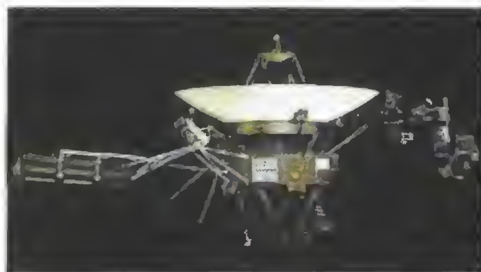
Звёзды образуются из космических газопылевых облаков. При сжатии под действием тяготения сгустка газа его внутренняя часть постепенно разогревается. Когда температура в центре достигнет примерно миллиона градусов, начинаются ядерные реакции — образуется звезда.

Строение звёзд зависит от массы. Если звезда в несколько раз массивнее Солнца, то глубоко в её недрах происходит интенсивное перемешивание вещества (конвекция), подобно кипящей воде. Такую область называют *конвективным ядром* звезды. Чем больше звезда, тем бóльшую её часть составляет конвективное ядро. Остальная часть звезды сохраняет при этом равновесие. Источник энергии находится в конвективном ядре. По мере превращения водорода в гелий молекулярная масса вещества ядра возрастает, а его объём уменьшается.



Изменение температуры в зависимости от расстояния от центра для звёзды главной последовательности (вверху) и красного гиганта (внизу).





Космический аппарат «Вояджер».

Необычно выглядели фотографии колец. К аппарату была обращена не освещённая Солнцем сторона колец, поэтому приборы фиксировали свет, не отражённый от колец, а прошедший сквозь них.

«Пионер-11» покинул Солнечную систему, но слабые сигналы с него ещё улавливаются земными антеннами.

Более качественные изображения были получены во время пролёта двух «Вояджеров», которые под действием притяжения Юпитера изменили свои траектории и направились к Сатурну. На снимках облачного покрова планеты видны завихряющиеся полосы, вихри, ореолы и пятна разных цветов — от жёлтого до коричневого, напоминающие образования на Юпитере. Обнаружено и красное пятно поперечником около 1250 км, а также быстро исчезающие тёмные овальные образования. «Вояджер-1» впервые показал, что система колец Сатурна состоит из тысяч отдельных узких колечек, обнаружил шесть новых спутников и, пройдя на расстоянии 4030 км от Титана, установил, что основным компонентом его атмосферы является азот, а не метан, как предполагалось ранее. Получены интересные данные и о некоторых других спутниках Сатурна: Тефии, Мимасе, Дионе, Рее и Энцеладе. «Вояджер-1» выполнил основные задачи и отправился за пределы Солнечной системы.

На самое близкое расстояние к Сатурну подошёл «Вояджер-2». В системе его колец оказалось ещё больше отдельных колечек, состоящих из бесчисленного множества частиц льда, крупных и мелких обломков. На спутнике Тефия «Вояджер-2» обнаружил крупнейший кратер во всей системе Сатурна диаметром 400 км и глубиной 16 км. После встречи с Сатурном траектория полёта «Вояджера-2» была изменена таким образом, чтобы он в январе 1986 г. прошёл около Урана.

Новые исследования Сатурна, его колец и спутников запланированы в проекте, названном «Кассини». Запуск аппарата намечен на октябрь 1997 г. По сложной траектории аппарат достигнет окрестностей Сатурна в июне 2004 г. и будет проводить исследования в течение четырёх лет. Самым интересным в проекте является спуск специального зонда в атмосферу Титана.

ИССЛЕДОВАНИЯ УРАНА

В окрестностях Урана побывал только один космический аппарат «Вояджер-2», пролетевший на расстоянии 81 200 км от внешнего покрова облаков. Траектория аппарата была почти перпендикулярна плоскости, в которой находятся спутники, поэтому с близкого расстояния удалось сфотографировать только Миранду, самый маленький из известных до этого полёта спутников. Напряжённость магнитного поля Урана оказалась больше, чем у Сатурна, а интенсивность поясов радиации такая же, как у поясов Земли. В ультрафиолетовой области спектра зарегистрировано свечение атмосферы Урана, простирающееся на 50 тыс. километров от планеты.

Как и у других планет-гигантов, в атмосфере Урана обнаружены вихри, струйные течения, пятна (но их гораздо меньше), а в глубине её зарегистрированы метановые облака. Гелия оказалось в три раза меньше, чем предполагалось ранее: всего 15%. Циркуляция атмосферы происходит в высоких широтах с большей скоростью, чем у экватора.

Девять колец Урана были известны ещё по наземным наблюдениям покрытий звёзд планетой. «Вояджер-2» обнаружил десятое кольцо шириной 3 км и несколько неполных колец тёмного цвета. Частицы, слагающие кольца, имеют в поперечнике около 1 м.



температур и низких светимостей, располагаются крошечные белые карлики. Известны и другие последовательности, но они не столь многочисленны.

Как только обнаружилось существование последовательностей, делались попытки их физической интерпретации. Сначала главная последовательность рассматривалась как совокупность звёзд различного возраста, т. е. как путь на диаграмме, по которому большинство звёзд перемещается в течение своей жизни, медленно расходуя запасы энергии и уменьшая светимость и температуру. Однако всё оказалось сложнее: вдоль главной последовательности располагаются звёзды различных масс, в которых энергия излучения выделяется за счёт превращения водорода в гелий. Чем массивнее звезда, тем выше её место на главной последовательности.

На главной последовательности любая звезда проводит бóльшую часть своей жизни, именно поэтому на ней так много звёзд. Согласно теории звёздной эволюции, когда запасы водорода в недрах звезды заканчиваются, она покидает главную последовательность, отклоняясь вправо. При этом её температура всегда падает, а размер быстро возрастает. Начинается сложное, всё более ускоряющееся движение звезды по диаграмме.

Диаграмма Герцшпрунга—Ресселла широко применяется астрономами для описания эволюционных изменений звёзд и сопоставления теорий эволюции звёзд с наблюдениями. Удобна она и для определения возрастов звёздных скоплений (на основании теории эволюции), так как с возрастом населённость различных последовательностей меняется. Так, в молодых скоплениях много звёзд высокой светимости на главной последовательности и последовательности сверхгигантов. В старых же скоплениях верхний конец главной последовательности «исчезает» (звёзды успевают сойти с неё), но зато очень многочисленна ветвь гигантов, куда попадают звёзды типа Солнца примерно через 10 млрд лет после своего рождения. Зависимость Герцшпрунга — Ресселла часто используется и для уточнения относительных расстояний до звёздных скоплений путём сопоставления положения их главных последовательностей на диаграммах спектр — звёздная величина.

Внешние же области звезды при этом расширяются, она увеличивается в размерах, а температура её поверхности падает. Горячая звезда — голубой гигант — постепенно превращается в красный гигант.

Строение красного гиганта уже иное. Когда в процессе сжатия конвективного ядра весь водород превратится в гелий, температура в центре повысится до 50—100 млн градусов и начнётся горение гелия. Он в результате ядерных реакций превращается в углерод. Ядро горящего гелия окружено тонким слоем горящего водорода, который поступает из внешней оболочки звезды. Следовательно, у красного гиганта два источника энергии. Над горящим ядром находится протяжённая оболочка.

В дальнейшем ядерные реакции создают в центре массивной звезды всё более тяжёлые элементы, вплоть до железа. Синтез элементов тяжелее железа уже не приводит к выделению энергии. Лишённое источников энергии, ядро звезды быстро сжимается. Это может повлечь за собой взрыв — вспышку сверхновой. Иногда при взрыве звезда полностью распадается, но чаще всего, по-видимому, остаётся компактный объект — нейтронная звезда или чёрная дыра.

Вместе с оболочкой взрыв уносит в межзвёздную среду различные химические элементы, образовавшиеся в недрах звезды за время её жизни. Новое поколение звёзд, рождающихся из межзвёздного газа, будет содержать уже больше тяжёлых химических элементов.

Срок жизни звезды напрямую зависит от её массы. Звёзды с массой в 100 раз больше солнечной живут всего несколько миллионов лет. Если масса составляет две-три солнечных, срок жизни увеличивается до миллиарда лет.

В звёздах-карликах, массы которых меньше массы Солнца, конвективное ядро отсутствует. Водород в них горит, превращаясь в гелий, в центральной области, не выделяющейся из остальной части



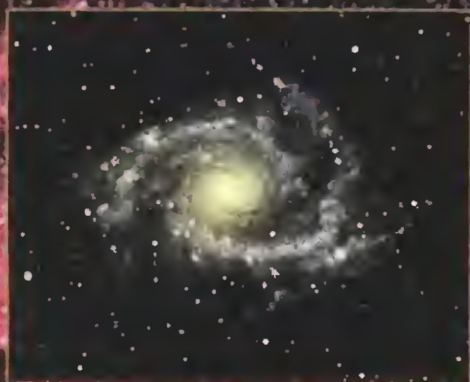
Модель строения звезды нижнего участка главной последовательности (красный карлик). Жёлтый цвет — зона лучистого переноса, красный цвет — конвективная зона.

Модель строения звезды верхнего участка главной последовательности (голубой гигант). Жёлтый цвет — зона лучистого переноса, красный цвет — конвективная зона.



Среди звёзд и галактик







ЗВЁЗДНЫЕ ПАРЫ

Вопрос о спутниках звёзд останется нерешённым до тех пор, пока кто-нибудь, владеющий искусством производить необычайно точные наблюдения, не откроет их.

И. Кеплер. 1610 г.

Некоторые звёзды видны на небесной сфере буквально рядом друг с другом. Это, конечно, ещё не означает, что эти звёзды реально соседствуют в пространстве: они могут быть расположены почти в одном и том же направлении от нас, но на весьма различных расстояниях. Тогда говорят об *оптически двойных звёздах*. Но в мире звёзд существуют и реальные соседи, находящиеся близко друг к другу и движущиеся под действием взаимного тяготения. Это — *физически двойные* и *кратные системы*.

Вопрос о том, является ли видимая близость звёзд реальной или только кажущейся, может быть решён при помощи наблюдений. Наблюдая какую-нибудь звёздную пару в течение многих лет, иногда удаётся заметить изменение взаимного положения звёзд, связанное с их обращением вокруг общего центра.

Когда такие перемещения слишком медленны, используют другой способ: измеряют собственные движения звёзд пары, иными словами, изменение взаимного положения звёзд на небе, происходящее вследствие их движения в пространстве. Это очень маленькие величины, но современные приборы позволяют астрономам их измерять. Если собственные движения двух близких звёзд совпадают, считается, что звёзды образуют физическую систему, так как случайное совпадение их скоростей по величине и по направлению слишком маловероятно.

Именно этим способом удалось показать, что физической системой являются звёзды из «ручки» Ковша Большой Медведицы — Мицар и Алькор (их ещё называют Конь и Всадник). Это редкий пример двойной звезды, различимой невооружённым глазом. Впрочем, в телескоп видно, что и сам Мицар разделяется на две звёздочки, а спектральные исследования показывают, что каждая из них тоже не является одиночной.

Полевой бинокль, зрительная труба, небольшой телескоп открывают взору сотни красивых звёздных пар: β Лебедя (Альбирео) — большая оранжевая и маленькая ярко-голубая звёздочка; α Гончих Псов (Сердце Карла) — жёлтая и фиолетовая; α Скорпиона (Антарес) — красная и бирюзовая... Звёзд-одиночек вроде нашего Солнца (у него есть планеты, но нет звезды-спутника) в Галактике меньшинство.



Созвездие Большой Медведицы. Мицар — вторая звезда в «ручке» Ковша. Рядом с ней видна маленькая звёздочка Алькор. Это одна из немногих звёздных пар, различимых невооружённым глазом.

Искусным первооткрывателем двойных звёзд, о котором пророчествовал Кеплер, стал Уильям Гершель. Он обнаружил тысячи звёздных пар и доказал в 1803 г., что это действительно близкие звёзды, связанные узами тяготения. В XIX в. основатель Пулковской обсерватории Василий Яковлевич Струве открыл и занёс в каталоги 3100 пар звёзд, а сегодня их известно уже более 70 тыс.

Двойной оказалась и ярчайшая звезда неба Сириус. α Центавра — ближайшая соседка нашего Солнца — тройная звезда, золотистая Капелла состоит из четырёх жёлтых и красноватых звёзд, а Кастор в созвездии Близнецов — шестикратная звезда.



Траектория движения Сириуса. Её вид говорит о наличии у звезды массивного спутника.





ЗВЁЗДЫ: ГЛАВНЫЕ ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА

ЧТО ТАКОЕ ЗВЕЗДА

Они восходили над динозаврами, над Великим Оледенением, над строящимися египетскими пирамидами. Одни и те же звёзды указывали путь финикийским мореплавателям и каравеллам Колумба, созерцали с высоты Столетнюю войну и взрыв ядерной бомбы в Хиросиме. Одним людям виделись в них глаза богов и сами боги, другим — серебряные гвозди, вбитые в хрустальный купол небес, третьим — отверстия, через которые струится небесный свет.

Постоянство и непознаваемость звёзд наши предки считали непременными условиями существования мира. Древние египтяне полагали, что, когда люди разгадают природу звёзд, наступит конец света. Другие народы верили, что жизнь на Земле прекратится, как только созвездие Гончих Псов догонит Большую Медведицу. Наверное, для них очень важно было сознавать, что в этом неверном и изменчивом мире остаётся что-то неподвластное времени.

Не удивительно, что любые изменения в мире звёзд издавна считались предвестниками значительных событий. Согласно Библии, внезапно вспыхнувшая звезда возвестила миру о рождении Иисуса Христа, а другая звезда — Полынь — будет знаком конца света.

В течение многих тысячелетий астрологи сверяли по звёздам жизни отдельных людей и целых государств, хотя и предупреждали при этом, что роль звёзд в предначертании судьбы велика, но не абсолютна. Звёзды советуют, а не приказывают, говорили они.

Но шло время, и люди стали всё чаще смотреть на звёзды с другой, менее романтической точки зрения. Антуан де Сент-Экзюпери сказал об этом: «Вы проинтегрировали орбиту звезды, о жалкий род исследователей,



превосходящего Солнце по диаметру, кружит ослепительно-голубая звезда втрое меньше Солнца, а ярче его почти в 20 раз. Но самое любопытное то, что красный гигант — это стадия звёздной старости, а голубая звезда ещё молодая! Хороши же близнецы! И тем не менее Антарес А и Антарес В — сёстры-ровесницы, только от рождения им досталась разная масса. Антарес А в 18 раз массивнее Солнца, а Антарес В — в 6 раз. Обе звезды одновременно зажглись, включили свои водородные термоядерные печки, но массивная звезда горит гораздо интенсивнее, потому что температура и давление в её ядре-топке выше, чем у сестры. Хотя запас горючего ей был отпущен втрое больший, звезда Антарес А уже практически отгорела, и скоро наступит её конец: она превратится в нейтронную звезду или даже в чёрную дыру. А вот Антарес В, который расходует своё ядерное топливо скупее, будет светить ещё сотни тысяч лет.

В Галактике много таких пар, где одна из звёзд уже состарилась, а другая ещё полна сил. Например, Сириус из созвездия Большого Пса. Сириус А — нормальная белая звезда, почти вдвое больше и в 20 раз ярче Солнца. А его спутник — Сириус В (астрономы дали ему прозвище Щенок за то, что он в 10 тыс. раз слабее Сириуса А) — отгоревшая звезда. Но раньше, когда в Сириусе В горел водород, он тоже был нормальной звездой, более массивной, чем Сириус А. Он был потрясающе ярок, и неизвестно, кого из них люди назвали бы Щенком, если бы они тогда жили на Земле!

Тесные пары звёзд очень интересны и чрезвычайно загадочны. Прежде всего потому, что их двойственность не видна ни в один телескоп. Звезда β Персея с давних пор получила настораживающее название Алголь, что по-арабски значит «звезда дьявола», — не потому ли, что переменная? Двое с половиной суток Алголь светит ровно, не меняясь, но потом звезда быстро меркнет, а через пару часов так же быстро разгорается. Каждые 68 ч 49 мин падение блеска повторяется вновь и вновь. Причина изменения яркости Алголя теперь понятна. Алголь — двойная система. Вокруг большой голубоватой звезды светимостью 250 солнц движется оранжевая звезда внушительных размеров, но более тусклая. Орбита оранжевой звезды расположена так, что, пробегая периодически между главной звездой и нами, она затмевает голубую — и Алголь меркнет. Открыто много таких затменно-переменных звёзд, или алголей, но Алголь среди них самая заметная.

А теперь присмотримся к этой паре повнимательнее. Какая из звёзд массивнее? Голубая, конечно, ведь вокруг неё обращается тусклый гигант. А какая из звёзд дальше ушла по жизни? Оранжевая — у неё идёт «старческое распухание». Парочка Алголя похожа на Антарес, но здесь всё «не как у людей». Как же получилось, что лёгкая звезда состарилась раньше массивной?

ДВОЙНАЯ СИСТЕМА АМ ГЕРКУЛЕСА

В середине 70-х гг. XX в. слабый рентгеновский источник 3U 1809+50 из каталога «Ухуру» («Ухуру» — название американского спутника, изучавшего небо в рентгеновских лучах) был отождествлён с переменной звездой АМ Геркулеса. Необычность объекта сразу же привлекла внимание наблюдателей.

АМ Геркулеса — самая близкая к нам рентгеновская двойная звезда. Она расположена примерно в 50 пк (160 световых лет) от Солнца. Её рентгеновская светимость «всего» 10^{25} Вт, что в миллион раз меньше, чем у ярчайшего объекта рентгеновского неба Скорпион Х-1.

Один из компонентов этой системы — маломассивная звезда позднего спектрального класса, масса которой не превышает солнечную, другой — нейтронная звезда или белый карлик. Оптическое излучение идёт не от звёзд, образующих систему, а от горячих потоков газа, которые перетекают с нормальной звезды на компактный спутник. Возможно, что часть газа огибает диск, формирующийся вокруг компактной звезды, и уходит в межзвёздное пространство. Таким образом АМ Геркулеса способна потерять значительную долю своего вещества.

Изучая движение газовых струй в системе АМ Геркулеса, американский учёный Василий Предгорский определил, что период обращения этой системы — 3 ч 6 мин — самый короткий среди известных рентгеновских двойных звёзд. Сантьяго Тапиа (США) из поляризационных наблюдений оценил величину магнитного поля звезды — около 10^8 Гс. Это немного, если в систему входит нейтронная звезда, но очень много, если белый карлик. Исследования АМ Геркулеса продолжаются.



Этот космос, один и тот же для всех, не создал никто из богов, никто из людей, но он всегда был, есть и будет вечно живой огонь, мерно возгорающийся, мерно угасающий.

(Гераклит Эфесский.)

Мироздание с его неизмеримым величием, с его сияющими отовсюду бесконечными разнообразием и красотою приводит нас в безмолвное изумление. Но если представление обо всём этом совершенстве поражает наше воображение, то, с другой стороны, разум восторгается по-иному, видя, сколько великолепия, сколько величия вытекает из одного всеобщего закона согласно вечному и строгому порядку.

(Иммануил Кант. Всеобщая естественная история и теория неба. 1775 г.)



Альдебаран, самая яркая звезда одного из зодиакальных созвездий — Тельца. Имя звезды в переводе с арабского означает «идущий вослед», так как Альдебаран движется по небу вслед за звёздным скоплением Плеяды.

огромного (по человеческим меркам) промежутка времени. Но с точки зрения исследования звёзд этот факт вызывает чувство досады. На многие парсеки вокруг (парсек — единица звёздных расстояний, равная 3,26 светового года, или примерно 30 трлн км) — только неяркие и невыразительные светила, подобные нашему Солнцу. А все редко встречающиеся типы звёзд находятся очень далеко. Видимо, поэтому разнообразие мира звёзд так долго оставалось скрытым от человеческого глаза.

И только изобретение новых астрономических приборов позволило осознать, насколько все звёзды разные. Наверное, именно тогда вопрос «что такое звезда?» встал перед учёными в полный рост. Поначалу же этот вопрос был обращён только к той звезде, которая благодаря своей близости оказалась более доступной для наблюдений, чем остальные, — к Солнцу.

Ещё древние греки связывали Солнце с вечным пламенем. Учёные Нового времени пытались понять, что является источником топлива для этого пламени. Откуда Солнце черпает свою энергию?

До середины XIX в. считалось, что наружный слой Солнца горячий, а под ним скрывается холодная поверхность, изредка видимая через пятна — просветы в раскалённых солнечных облаках. Для объяснения высокой температуры этих облаков предлагалась гипотеза о непрерывно падающих на Солнце кометах и метеоритах, которые передают ему свою кинетическую энергию. Впоследствии от этой гипотезы пришлось отказаться. Пробовали объяснить энерговыделение на Солнце простым, привычным земным огнём — теплом, выделяющимся при химических реакциях. Но и эта гипотеза оказалась несостоятельной. Весь запас солнечных «дров» выгорел бы за несколько тысяч лет, а по данным геологии уже тогда, в середине XIX в., было известно, что Земля существует гораздо дольше и всё это время на неё светило Солнце.

В 1853 г. немецкий физик Герман Гельмгольц предположил, что источником энергии Солнца и других звёзд является их сжатие. (То, что при сжатии газ нагревается, знает каждый, кто хотя бы раз накачивал колесо велосипеда ручным насосом.) При этом на нагрев газа затрачивается не вся выделяющаяся энергия. Часть её расходуется на излучение. Сжатие — это уже значительно более мощный источник энергии, чем простое горение вещества. Сжимающееся Солнце могло бы светить десятки миллионов лет. Но и этого оказалось мало. Источник энергии Солнца бесперебойно действует уже несколько миллиар-



довательно, светит не сама чёрная дыра, а газ на подходе к ней. Ненасытность дыры так велика, а вход в «чёрное яблочко» столь мал, что только часть вещества диска протискивается в дыру, а его излишки выбрасываются из «околодырного» пространства в виде двух потоков, направленных в противоположные стороны вдоль оси диска. Струи разлетаются от «яблочка» на десятки световых лет!

Газовый диск с газовыми струями, излучающий рентген, огромная голубая звезда-донор с массой не меньше 10 солнц, кружащая около рентгеновского источника, — вот портрет далёкой звезды V 1343 в созвездии Орла, более известной как объект SS 433.

Мир звёздных пар, их «семейных отношений» только начинает нам открываться. Для астрономов его изу-

УНИКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ SS 433

Этот объект из созвездия Орла занесён во многие звёздные каталоги. В «Общем каталоге переменных звёзд», составленном российскими астрономами, он значится как V 1343 Орла; в каталоге рентгеновских источников, обнаруженных американским спутником «Ухуру», — 1908+05; но наиболее известен он под названием SS 433 — таков его номер в каталоге звёзд с яркими эмиссионными линиями американских астрономов К. Стефенсона и Н. Сандьюлика (SS — первые буквы их фамилий).

До 1978 г. этот объект не привлекал к себе внимания. Обычная слабая переменная звёздочка 14-й величины, очевидно затменная. Открытия сенсационного характера последовали в 1979—1980 гг. и продолжаются до сих пор.

Американские и итальянские астрономы, наблюдая SS 433 из ночи в ночь, зарегистрировали в её спектре три системы эмиссионных линий (т. е. линий испускания) водорода и гелия. Кроме основных ярких и неподвижных линий они включали две системы линий-спутников, «гулявших» по спектру с периодом 163 дня. Эти смещения говорили о движении вещества в двух противоположных направлениях со скоростью, достигающей четверти скорости света — 78 000 км/с.

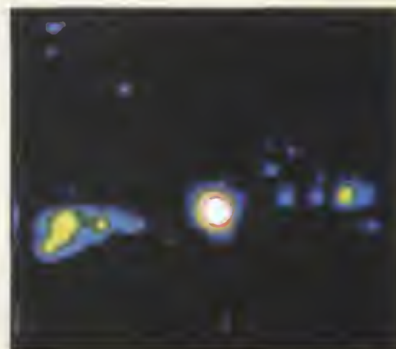
Детальные наблюдения показали, что SS 433 — тесная затменная двойная система, период обращения которой равен 13,1 суток. Одним из её компонентов является массивная звезда с температурой около 30 тыс. кельвинов и светимостью, примерно в миллион раз превышающей светимость Солнца.

Главная звезда столь велика, что не может сохранить свою целостность в поле тяготения очень компактной второй звезды: её вещество непрерывно перетекает на соседку. О том, что это компактная звезда, говорит отсутствие у неё спектральных линий. Зато вокруг неё формируется аккреционный диск из перетекающего вещества (аккреция — это оседание вещества на какое-нибудь тело).

Открытие рентгеновского излучения SS 433 окончательно подтвердило предположение о наличии компактного тела — нейтронной звезды или чёрной дыры, — ведь только при аккреции на них испускается рентгеновское излучение. Компактный источник окружён непрозрачным и очень ярким облаком плазмы с температурой в сотни тысяч градусов. Рентгеновские спектры, полученные приборами искусственных спутников Земли «Экзосат» (Европейское космическое агентство) и «Гинга» (Япония), выявили мощнейшую ионизацию атомов железа — до гелие- и водородоподобных состояний. Это значит, что в атоме железа вместо 26 электронов остаются всего 2 или 1. Остальные выбиваются со своих орбит ударами релятивистских (сверхбыстрых, имеющих скорости, сравнимые со скоростью света) электронов или рентгеновскими квантами.

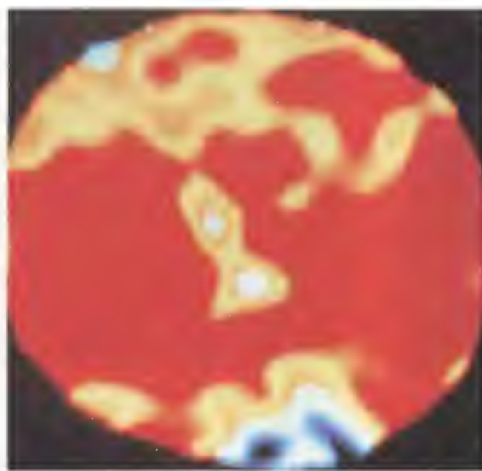
По имеющимся данным можно составить «портрет» SS 433. Система включает гигантскую звезду высокой температуры и светимости и её спутник — компактную звезду. С оптической звезды на компактную постоянно перетекает вещество, формирующее аккреционный диск. Он-то и затмевает раз в 13 суток главную звезду. В перпендикулярном направлении к диску идут две мощных струи (джета), ось которых движется по конусу прецессии (как земная ось или ось детского волчка) с периодом 163 суток. Вся система погружена в облако плазмы, своеобразную корону. В струях освобождаются электроны колоссальной энергии, которые ионизуют атомы железа, выбивая из них 24—25 электронов.

SS 433 — уникальное явление в нашей Галактике; других подобных объектов астрономам найти не удалось. Сейчас ведутся их поиски в соседних галактиках.



Рентгеновское изображение необычного объекта SS 433.





Диск звезды Бетельгейзе (α Ориона).

эволюционный путь каждой звезды и написать её биографию.

Жизненный путь звезды довольно сложен. В течение своей истории она разогревается до очень высоких температур и остывает до такой степени, что в её атмосфере начинают образовываться пылинки. Звезда расширяется до грандиозных размеров, сравнимых с размерами орбиты Марса, и сжимается до нескольких десятков километров. Светимость её возрастает до огромных величин и падает почти до нуля.

Жизнь звезды не всегда протекает гладко. Картина её эволюции усложняется вращением, иногда очень быстрым, на пределе устойчивости (при быстром вращении центробежные силы стремятся разорвать звезду). Некоторые звёзды обладают скоростью вращения на поверхности 500—600 км/с. Для Солнца эта величина составляет около 2 км/с. Солнце — звезда относительно спокойная, но даже оно испытывает колебания с различными периодами, на его поверхности происходят взрывы и выбросы вещества. Активность некоторых других звёзд несравнимо выше. На определённых этапах своей эволюции звезда может стать переменной, начав регулярно менять свой блеск, сжиматься и опять расширяться. А иногда на звёздах происходят сильные взрывы. Когда взрываются самые массивные звёзды, их блеск на короткий срок может превысить блеск всех остальных звёзд галактики, вместе взятых.

В начале XX в., в основном благодаря трудам английского астрофизика Артура Эддингтона, окончательно сформировалось представление о звёздах как о раскалённых газовых шарах, заключающих в своих недрах источник энергии — термоядерный синтез ядер гелия из ядер водорода. Впоследствии выяснилось, что в звёздах могут синтезироваться и более тяжёлые химические элементы. Вещество, из которого сделана эта книга, также прошло через «термоядерную топку» и было выброшено в космическое пространство при взрыве породившей его звезды.

По современным представлениям, жизненный путь одиночной звезды определяется её начальной массой и химическим составом. Чему равна минимальная возможная масса звезды, с уверенностью мы сказать не можем. Дело в том, что маломассивные звёзды очень слабые объекты и наблюдать их довольно трудно. Теория звёздной эволюции утверждает, что в телах массой меньше чем семь-восемь сотых долей массы Солнца долговременные термоядерные реакции идти не могут. Эта величина близка к минимальной массе наблюдаемых звёзд. Их светимость меньше солнечной в десятки тысяч раз. Температура на поверхности подобных звёзд не превосходит 2—3 тыс. градусов. Одним из таких тусклых багрово-красных карликов является ближайшая к Солнцу звезда Проксима в созвездии Центавра.

В звёздах большой массы, напротив, эти реакции протекают с огромной скоростью. Если масса рождающейся звезды превышает 50—70 солнечных масс, то после загорания термоядерного топлива чрезвычайно интенсивное излучение своим давлением может просто сбросить излишек массы. Звёзды, масса которых близка к предельной, обнаружены, например, в туманности Тарантул в соседней с нами галактике Большое Магелланово Облако. Есть они и в нашей Галактике. Через несколько миллионов лет, а может

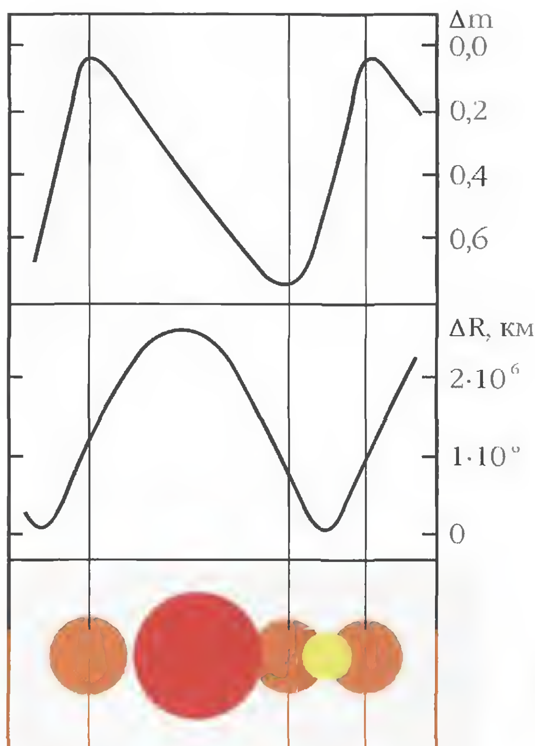


Фабрициус опять нашёл её на небе! Так впервые была обнаружена переменная звезда, которая очень сильно меняла свой блеск: иногда становилась невидимой для невооружённого глаза, иногда вспыхивала вновь, но не пропадала навсегда. Интересно, что в промежутке между двумя открытиями Фабрициуса, в 1603 г., эту звезду наблюдал другой немецкий астроном — Иоганн Байер, автор первого полного звёздного атласа неба. Он не заметил переменности, зато нанёс звезду на карту своего атласа под именем Омикрон Кита. Другое её название — Мира Кита, или просто Мира (*лат.* «удивительная»).

Итак, *переменные звёзды* — это звёзды, блеск которых меняется. До сих пор астрономы не пришли к единому мнению, какого минимального изменения блеска достаточно для того, чтобы причислить звезду к данному классу. Поэтому в каталоги переменных звёзд включают все звёзды, у которых достоверно выявлены даже очень незначительные колебания блеска. Сейчас в нашей Галактике известно несколько десятков тысяч переменных звёзд (примечательно, что около 10 тыс. из них открыл один человек — немецкий астроном Куно Хофмейстер), и это число очень быстро растёт благодаря современным точным методам наблюдений. Количество переменных звёзд, обнаруженных в других галактиках, достигает десятков тысяч.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЁЗД

Переменные звёзды различаются массой, размерами, возрастом, причинами переменности и подразделяются на несколько больших групп. Одна из них — *пульсирующие* звёзды, яркость которых меняется из-за колебания размеров. К ним принадлежат звёзды *типа Миры*, или *мириды*, — красные гиганты, меняющие блеск на несколько звёздных величин с периодами в среднем от нескольких месяцев до полутора лет.



Изменение блеска (Δm) и радиуса (ΔR) цефеиды, обусловленное пульсацией звезды.

Среди пульсирующих звёзд очень интересны *цефеиды*, названные так по имени одной из первых открытых переменных этого типа — δ Цефея. Цефеиды — это звёзды высокой светимости и умеренной температуры (жёлтые сверхгиганты). В ходе эволюции они приобрели особую структуру: на определённой глубине возник слой, который аккумулирует энергию, приходящую из недр, а потом вновь отдаёт её. Звезда периодически сжимается, разогреваясь, и расширяется, охлаждаясь. Поэтому и энергия излучения то поглощается звёздным газом, ионизуя его, то опять выделяется, когда при охлаждении газа ионы захватывают электроны, излучая при этом световые кванты. В результате блеск цефеиды меняется, как правило, в несколько раз с периодом в несколько суток. Физику пульсаций цефеид впервые успешно объяснил в 50-е гг. советский учёный С. А. Жевакин.

Цефеиды играют особую роль в астрономии. В 1908 г. американский астроном Генриетта Ливитт,



На первый взгляд может показаться, что исследование этих малых добавок немного даёт для понимания эволюции звёзд. Но на самом деле это не так. Химические элементы тяжелее гелия образовались в результате термоядерных и ядерных реакций в недрах очень массивных звёзд, при вспышках новых и сверхновых звёзд предыдущих поколений. Изучение зависимости химического состава от возраста звёзд позволяет пролить свет на историю их образования в различные эпохи, на химическую эволюцию Вселенной в целом.

Важную роль в жизни звезды играет её магнитное поле. С магнитным полем связаны практически все проявления солнечной активности: пятна, вспышки, факелы и др. На звёздах, магнитное поле которых значительно сильнее солнечного, эти процессы протекают с большей интенсивностью. В частности, переменность блеска некоторых таких звёзд объясняют появлением пятен, аналогичных солнечным, но закрывающих десятки процентов их поверхности. Однако физические механизмы, обусловливающие активность звёзд, ещё не до конца изучены. Наибольшей интенсивности магнитные поля достигают на компактных звёздных остатках – белых карликах и особенно нейтронных звёздах.

* * *

За период немногим более двух столетий представление о звёздах изменилось кардинально. Из непостижимо далёких и равнодушных светящихся точек на небе они превратились в предмет всестороннего физического исследования. Как бы отвечая на упрёк де Сент-Экзюпери, взгляд учёных на эту проблему выразил американский физик Ричард Фейнман: «Поэты утверждают, что наука лишает звёзды красоты. Для неё звёзды — просто газовые шары. Совсем не просто. Я тоже любуюсь звёздами и чувствую их красоту. Вот только кто из нас видит больше?».

Благодаря развитию наблюдательных технологий астрономы получили возможность исследовать не только видимое, но и невидимое глазу излучение звёзд. Сейчас уже многое известно об их строении и эволюции, хотя немало остаётся и непонятного. Ещё впереди то время, когда исполнится мечта создателя современной науки о звёздах Артура Эддингтона и мы наконец «сможем понять такую простую вещь, как звезда».

СНЯТИЕ МЕРКИ СО ЗВЁЗД

Чтобы любоваться звёздным небосводом, совсем не обязательно описывать все звёзды и выяснять их физические характеристики — они красивы сами по себе. Но если рассматривать звёзды как природные объекты, естественный путь к их познанию лежит через измерения и сопоставление свойств.

БЛЕСК

Первое, что замечает человек при наблюдении ночного неба, — это различная яркость (блеск) звёзд. Видимый блеск звёзд оценивают в звёздных величинах (см. статью «Звёздные величины»). Исторически сложившаяся система звёздных величин присваивала 1-ю величину наиболее ярким звёздам, а 6-ю — самым слабым, находящимся на пределе видимости невооружённым глазом. Впоследствии, чтобы производить объективные количественные оценки звёздных величин, эту шкалу усовершенствовали. Было принято, что разность в пять звёздных величин соответствует отличию в видимой яркости ровно в 100 раз. Следовательно, разница в одну звёздную величину означает, что звезда ярче другой в $\sqrt[5]{100} \approx 2{,}512$ раза. Для более точных измерений шкала, содержащая только целые числа, оказалась слишком грубой, поэтому при-



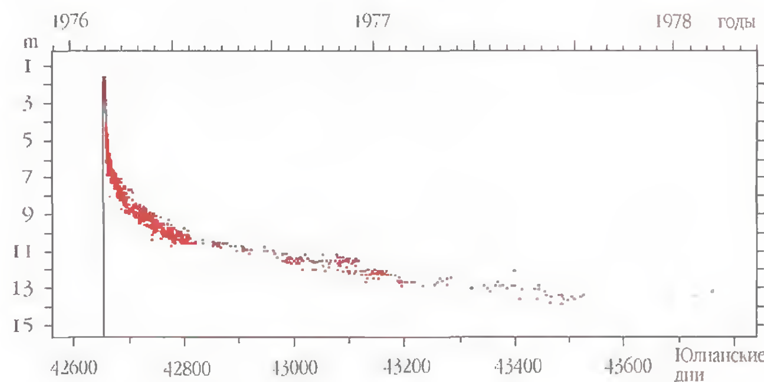
рующие переменные. Так называемые *взрывные* (или *катаклизмические*) звёзды — пример сложных процессов в двойных звёздных системах, где расстояние между компонентами ненамного превосходит их размеры. В результате взаимодействия компонентов вещество из поверхностных слоёв менее плотной из звёзд начинает перетекать на другую звезду. В большинстве взрывных переменных та звезда, на которую перетекает газ, — белый карлик. Если на его поверхности накапливается много вещества и резко начинаются термоядерные реакции, то наблюдается вспышка *новой* звезды. В видимой области спектра блеск при этом возрастает не менее чем на 6 звёздных величин, а иногда и гораздо сильнее (вспыхнувшая в 1975 г. новая V 1500 Лебедя увеличила свой блеск примерно на 19 звёздных величин!). Полная продолжительность вспышки новой — порядка года и больше.

Но и без столь бурных процессов тесная двойная система может быть интересной переменной звездой. Перетекающее вещество не сразу падает на поверхность белого карлика. Если он не обладает сильным магнитным полем, газ образует вокруг белого карлика диск. Этот диск нестабилен, вследствие чего у звезды могут отмечаться вспышки, только менее масштабные, чем у новых, и гораздо меньшей продолжительности (обычно несколько суток от возгорания до затухания). Такие переменные называют *карликовыми новыми* или переменными *типа U Близнецов*. Если же у белого карлика сильное магнитное поле, вещество падает на звезду в области полюсов и характер переменности становится ещё сложнее.

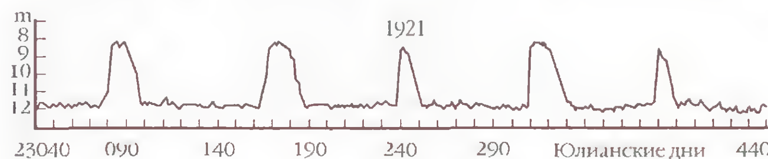
При внешнем сходстве со вспышкой новой явление *сверхновой* звезды имеет совсем иную природу: вероятно, это один из последних этапов жизни звезды, когда она катастрофически сжимается, лишившись основных источников термоядерной энергии.

Если в двойной системе, подобной новым или карликовым новым звёздам, вместо белого карлика находится нейтронная звезда или чёрная дыра, система тоже может наблюдаться как переменная звезда, и при этом она окажется сильным источником рентгеновского излучения. Открыв новый рентгеновский источник, астрономы нередко находят в той же области неба переменную звезду в оптическом диапазоне, а затем им удаётся доказать, что именно она испускает рентгеновские лучи. Изучая белые карлики, нейтронные звёзды и чёрные дыры в системах переменных звёзд, астрофизики исследуют вещество в состояниях, которые невозможно воспроизвести в физической лаборатории.

Особая группа переменных — самые молодые звёзды, сравнительно недавно (по космическим масштабам) сформировавшиеся в областях концентрации межзвёздного газа. Такие звёзды впервые обнаружил в XIX в. русский астроном Отто Васильевич Струве в огромном комплексе вокруг туманности Ориона, поэтому их стали называть *орионовыми переменными*. Нередко они именуются и переменными *типа Т Тельца*, по одной из известных молодых переменных звёзд. Орионовы переменные часто меняют блеск беспорядочным образом, но иногда у них прослеживаются и



Изменение блеска новой звезды V1500 Лебедя.



Изменение блеска звезды U Близнецов.



Параллаксы даже самых близких звёзд чрезвычайно малы, меньше 1″. Здесь требуются очень точные инструменты, поэтому не удивительно, что долгое время (до середины XIX в.) измерить параллаксы не удавалось. И разумеется, это было совершенно невозможно во времена Коперника, который впервые предложил метод параллаксов как прямое следствие своей гелиоцентрической системы (в геоцентрической системе параллактических смещений быть не должно).

С понятием параллакса связано название одной из основных единиц расстояний в астрономии — *парсек* (сокращение от «параллакс» и «секунда»). Это расстояние до воображаемой звезды, годичный параллакс которой равнялся бы точно 1″. Другими словами, радиус земной орбиты, равный одной астрономической единице (1 а. е.), виден с такой звезды под углом 1″. Годичный параллакс любой звезды связан с расстоянием до неё простой формулой:

$$r = \frac{1}{\pi},$$

где r — расстояние в парсеках, π — годичный параллакс в секундах.

Из соотношений в параллактическом треугольнике легко вычислить, что 1 парсек (пк) равен 206 265 а. е., или примерно 30 трлн километров. Это очень большая величина, свет преодолевает такой путь за 3,26 года.

Сейчас методом параллакса определены расстояния до многих тысяч звёзд. К сожалению, лишь для ближайших соседей это удаётся сделать с большой точностью. Однако существует ряд методов, с помощью которых расстояние до звезды можно получить косвенным путём, используя различные астрофизические или статистические соотношения. Так, светимость переменных звёзд, называемых цефеидами, оказалась связанной с периодом изменения их блеска. Зная период далёкой переменной звезды и её видимую звёздную величину, легко найти расстояние до звезды. Методы изучения двойных звёзд также позволяют вычислить расстояния до некоторых из них. Есть и другие косвенные способы определения расстояний до звёзд и звёздных систем.

СВЕТИМОСТЬ

Когда были измерены расстояния до ярких звёзд, стало очевидным, что многие из них по светимости значительно превосходят Солнце. Если светимость Солнца ($L_\odot \approx 4 \cdot 10^{26}$ Вт) принять за единицу, то, к примеру, мощность излучения четырёх ярчайших звёзд неба, выраженная в светимостях Солнца, составит:

Сириус	22 $L_\odot$
Канопус	4700 $L_\odot$
Арктур	107 $L_\odot$
Вега	50 $L_\odot$

Это, однако, не означает, что Солнце очень «бледно» выглядит по сравнению с остальными звёздами. Его светимость в звёздном мире выше средней. Так, из нескольких десятков звёзд, расстояния до которых не превышают 15 световых лет, только две — Сириус и Процион — имеют более высокую светимость, чем Солнце, и ещё одна — α Центавра — лишь немного уступает ему, у остальных же светимость значительно ниже. Известны звёзды, излучающие света в десятки тысяч раз меньше, чем Солнце. Интервал светимостей наблюдаемых звёзд оказался невероятно широким: они могут отличаться более чем в миллиард раз!

ЦВЕТ И ТЕМПЕРАТУРА

Одна из легко измеряемых звёздных характеристик — цвет. Как раскалённый металл меняет свой цвет в зависимости от степени нагрева, так и цвет звезды всегда указывает на её температуру. В астрономии применяют абсолютную шкалу температур, шаг которой — один кельвин (1 К) — тот же, что и в привычной нам шкале Цельсия (1 °С), а начало шкалы сдвинуто на −273 (0 К = −273 °С).

Самые горячие звёзды — всегда голубого и белого цвета, менее горя-



с периодом, равным одиннадцатилетнему циклу солнечной активности.

Очень часто геометрическая переменность сочетается с физической. Так, многие красные карлики — пятнистые переменные и в то же время принадлежат к одному из самых распространённых типов физически переменных — *вспыхивающим* звёздам. Вспышки таких звёзд похожи на некоторые виды солнечных вспышек, только гораздо мощнее. Иногда во время вспышки, длящейся считанные минуты, блеск звезды возрастает на несколько звёздных величин. (Напомним, что разница в одну звёздную величину означает отличие освещённости примерно в 2,5 раза.) Представьте себе, что было бы, если бы при солнечных вспышках на Землю приходило вдвое больше света, чем обычно!

Переменными не считаются звёзды, блеск которых меняется вследствие микролинзирования (см. статью «Гравитационные линзы») или затмения малыми планетами Солнечной системы, т. е. явлений, не связанных с процессами в самой звезде.

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЁЗД

Современные методы научных исследований очень сложны, чтобы правильно их использовать, нужна многолетняя специальная подготовка. Без неё невозможно создать новую физическую теорию или грамотно поставить эксперимент. Наука стала почти на сто процентов профессиональной. Однако в области изучения переменных звёзд и сейчас, на пороге XXI в., существует обширное поле деятельности для любителей астрономии. Держать в поле зрения каждую из десятков тысяч переменных звёзд профессиональные астрономы пока не в состоянии. Такая возможность появится, вероятно, только после организации автоматического слежения за всем звёздным небом с оперативной обработкой информации на мощных компьютерах. Пока же астрономы-любители (многие из которых объединены в ассоциации) наблюдают множество переменных звёзд, преимущественно ярких, и сообщают астрономическим научным учреждениям ценные сведения об изменениях их блеска.

Наиболее известна среди любительских организаций Американская ассоциация наблюдателей переменных звёзд. Её члены проживают не только в США и Канаде, но и в других странах, в том числе европейских. В архивах ассоциации хранятся данные о нескольких миллионах наблюдений переменных звёзд. Обычно любители

Страница журнала наблюдений астронома-любителя, содержащая данные о визуальном наблюдении переменных звёзд X Cygnus (X Лебедя), DM Delphinus (DM Дельфина), S Sagitta (S Стрелы), U Cygnus (U Лебедя)

Наблюдение 78 **18 мая 1996 г.**

Небо тёмное. В южной части низко над горизонтом облака. Лёгкий ветер. Качество изображений 5 (α Boo, увеличение 169 раз). Предельная звёздная величина $10{,}9^m$ (область χ Cyg, увеличение 32 раза). Поправка часов +1,5 мин. Наблюдения в телескоп «Мицар».

Время	Звезда	Оценка блеска	Увеличение	Карта	Примечания
0 ч 33 мин	X Cyg	d2v2d	32	Цесевич	
0 ч 36 мин	DM Del	A2v3B	32		Прим. 1
0 ч 39 мин	S Sge	c3v1d	32	Цесевич	
0 ч 47 мин	U Cyg	v=8,8	32	AAVSO	Прим. 2
1 ч 04 мин	DM Del	A2V1B	32		Прим. 3

Карты окрестностей переменных звёзд, помеченные «Цесевич», взяты из книги В. П. Цесевича «Переменные звёзды и способы их исследования» (М.: Педагогика, 1970).
Карты, помеченные «AAVSO», взяты из атласа переменных звёзд AAVSO.

Примечания:
1. Положение трубы телескопа к западу от колонны.
2. Неуверенная оценка. Наблюдаемая переменная очень красная, звезда сравнения белая.
3. Положение трубы телескопа к востоку от колонны.

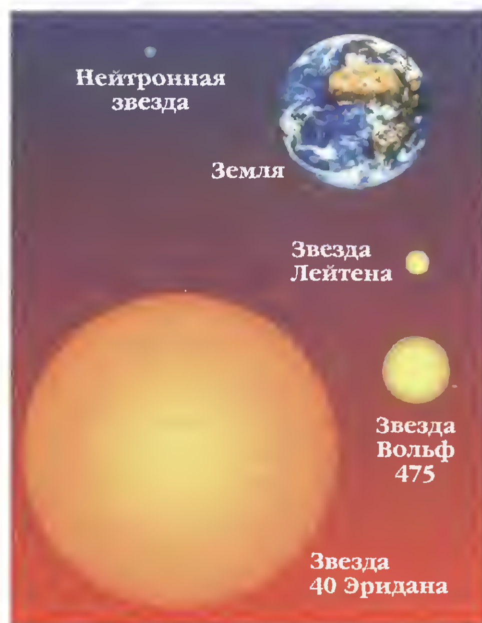


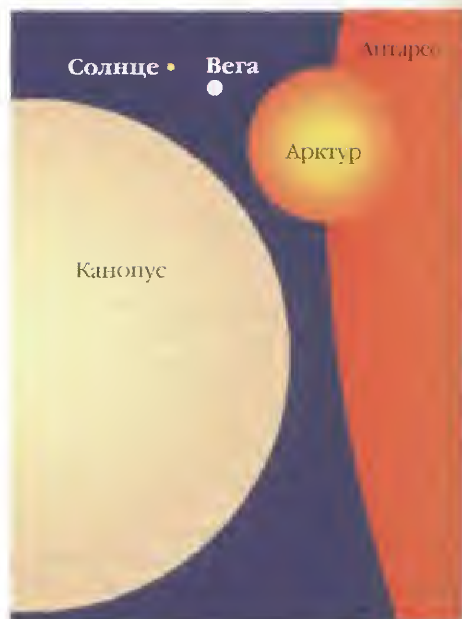
РАЗМЕРЫ ЗВЁЗД

Звёзды так далеки, что даже в самый большой телескоп они выглядят всего лишь точками. Как же узнать размер звезды?

На помощь астрономам приходит Луна. Она медленно движется на фоне звёзд, по очереди «перекрывая» идущий от них свет. Хотя угловой размер звезды чрезвычайно мал, Луна заслоняет её не сразу, а за время в несколько сотых или тысячных долей секунды. По продолжительности процесса уменьшения яркости звезды при покрытии её Луной определяют угловой размер звезды. А зная расстояние до звезды, из углового размера легко получить её истинные (линейные) размеры.







Размеры некоторых звёзд в сравнении с размерами Солнца и Земли.

Но лишь небольшая часть звёзд на небе расположена так удачно для земных наблюдателей, что может покрываться Луной. Поэтому обычно используют другие методы оценки звёздных размеров. Угловой диаметр ярких и не очень далёких светил может быть непосредственно измерен специальным прибором — оптическим интерферометром. Правда, такие измерения довольно трудоёмки. В большинстве случаев радиус звезды (R) определяют теоретически, исходя из оценок её полной светимости (L) во всём оптическом диапазоне и температуры (T). По законам излучения нагретых тел светимость звезды пропорциональна величине R^2T^4. Сравнивая какую-либо звезду с Солнцем, получаем удобную для вычислений формулу:

$$\frac{R}{R_\odot} = \sqrt{\frac{L}{L_\odot}} \cdot \left(\frac{6000}{T}\right)^2,$$

позволяющую найти радиус звезды по её температуре и светимости (величины $R_\odot$, $L_\odot$ и $T_\odot = 6000$ K известны).









Галактика М 51 (Водоворот) до взрыва сверхновой.



Сверхновая SN 1994I в галактике М 51 (указана стрелкой).

ет, а сброшенная ею оболочка ещё долгие годы наблюдается как светящаяся туманность.

Исследования сверхновых звёзд, вспыхнувших в нашей Галактике, затрудняются тем, что эти небесные объекты чрезвычайно редко доступны наблюдениям. За всю историю науки их удалось увидеть всего несколько раз. Однако регулярные наблюдения множества других галактик приводят к ежегодному обнаружению до нескольких десятков сверхновых в далёких звёздных системах. Установлено, что в среднем в каждой галактике вспышка сверхновой происходит раз в несколько десятилетий. Причём в максимуме своего блеска она может быть столь же яркой, как остальные сотни миллиардов звёзд галактики, вместе взятые. Самые далёкие из известных ныне сверхновых находятся в галактиках, расположенных в сотнях мегапарсек от Солнца.

Как впервые предположили в 30-е гг. XX в. Вальтер Бааде и Фриц Цвикки, в результате взрыва сверхновой может образоваться сверхплотная нейтронная звезда. Эта гипотеза подтвердилась после открытия пульсара — быстровращающейся нейтронной звезды с периодом 33 миллисекунды — в центре известной Крабовидной туманности в созвездии Тельца; он возник на месте вспышки сверхновой 1054 г.

Итак, явления новых и сверхновых звёзд имеют совершенно различную природу. Каково же современное представление о них?

НОВЫЕ ЗВЁЗДЫ

Во время вспышки блеск новой увеличивается на 12—13 звёздных величин, а выделяемая энергия достигает 10^{39} Дж (такая энергия излучается Солнцем примерно за 100 тыс. лет!). До середины 50-х гг. природа вспышек новых звёзд оставалась неясной. Но в 1954 г. было обнаружено, что известная новая звезда DQ Геркулеса входит в состав тесной двойной системы с орбитальным периодом в несколько часов. В дальнейшем удалось установить,



времени. Как устойчивое тело звезда может существовать только в том случае, если все действующие на её вещество внутренние силы уравновешиваются. Какие же это силы?

Звезда — раскалённый газовый шар, а основным свойством газа является стремление расшириться и занять любой предоставленный ему объём. Это стремление вызвано давлением газа и определяется его температурой и плотностью. В каждой точке внутри звезды действует сила давления газа, которая старается расширить звезду. Но в каждой же точке ей противодействует другая сила — сила тяжести вышележащих слоёв, пытающаяся сжать звезду. Однако ни расширения, ни сжатия не происходит, звезда устойчива. Это означает, что обе силы уравновешивают друг друга. А так как с глубиной вес вышележащих слоёв увеличивается, то давление, а следовательно, и температура возрастают к центру звезды.

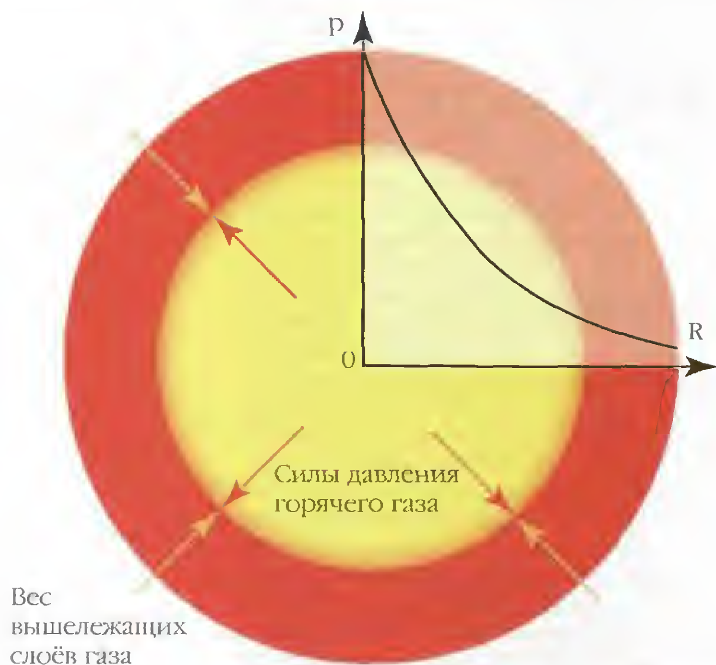
Звезда излучает энергию, вырабатываемую в её недрах. Температура в звезде распределена так, что в любом слое в каждый момент времени энергия, получаемая от нижслежащего слоя, равняется энергии, отдаваемой слою вышележащему. Сколько энергии образуется в центре звезды, столько же должно излучаться её поверхностью, иначе равновесие нарушится. Таким образом, к давлению газа добавляется ещё и давление излучения.

Лучи, испускаемые звездой, получают свою энергию в недрах, где располагается её источник, и продвигаются через всю толщу звезды наружу, оказывая давление на внешние слои. Если бы звёздное вещество было прозрачным, то продвижение это осуществлялось бы почти мгновенно, со скоростью света. Но оно непрозрачно и тормозит прохождение излучения. Световые лучи поглощаются атомами и вновь испускаются уже в других направлениях. Путь каждого луча сложен и напоминает запутанную зигзагообразную кривую. Иногда он «блуждает» многие тысячи лет, прежде чем выйдет на поверхность и покинет звезду.

Излучение, покидающее поверхность звезды, качественно (но не количественно) отличается от излучения, рождающегося в источнике звёздной энергии. По мере движения наружу длина волны света увеличивается. Поверхность Солнца, например, излучает в основном световые и инфракрасные лучи, а в его недрах возникает коротковолновое рентгеновское и гамма-излучение. Давление излучения для Солнца и подобных ему звёзд составляет лишь очень малую долю от давления газа, но для гигантских звёзд оно значительно.

Оценки температуры и плотности в недрах звёзд получают теоретическим путём, исходя из известной массы звезды и мощности её излучения, на основании газовых законов физики и закона всемирного тяготения. Определённые таким образом температуры в центральных областях звёзд составляют от 10 млн градусов для звёзд легче Солнца до 30 млн градусов для гигантских звёзд. Температура в центре Солнца — около 15 млн градусов.

При таких температурах вещество в звёздных недрах почти полностью ионизовано. Атомы химических элементов теряют свои электронные



Равновесие в звезде. Сила тяжести верхних слоёв уравновешивается давлением газа, которое растёт от периферии к центру. На графике показана зависимость давления (p) от расстояния до центра (R).

поверхность нейтронной звезды (если она не обладает сильным магнитным полем), нагревается, и это приводит к повторяющимся термоядерным взрывам. А из-за большой компактности нейтронной звезды плотность вещества, достигшего поверхности, оказывается чудовищно высокой. Разогретый термоядерными взрывами газ излучает в основном энергичные рентгеновские кванты.

Наконец, нельзя не упомянуть ещё об одном типе новых звёзд — *рентгеновских новых*. Они вспыхивают в рентгеновском диапазоне на несколько месяцев, а затем полностью исчезают. Сейчас таких рентгеновских новых известно около десяти. Самое волнующее открытие последних лет, сделанное совместными усилиями астрономов России, Украины и зарубежных специалистов, состоит в том, что во всех рентгеновских новых компактными звёздами являются, по-видимому, чёрные дыры массой около 10 масс Солнца. Это хорошо согласуется с общей теорией относительности Эйнштейна, по которой масса чёрных дыр в звёздных системах должна быть не менее 3—5 солнечных.

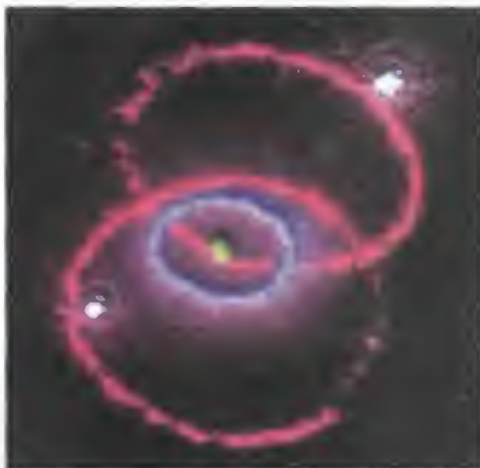
Так как чёрные дыры не имеют поверхности, на которой могло бы скапливаться аккрецируемое вещество, природа вспышки здесь уже иная, чем у классических новых звёзд и рентгеновских барстеров. Как полагают, вспышка рентгеновской новой связана с внезапным гигантским энерговыделением в окружающем чёрную дыру аккреционном диске. Выяснение причины такого неустойчивого поведения дисков — одна из актуальных задач современной астрофизики.

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЁЗДЫ

Сверхновые звёзды — одно из самых грандиозных космических явлений. Коротко говоря, сверхновая — это настоящий взрыв звезды, когда бóльшая часть её массы (а иногда и вся) разлетается со скоростью до 10 000 км/с, а остаток сжимается (коллапсирует) в сверхплотную нейтронную звезду или в чёрную дыру.



▲ Сверхновая SN 1987A в Большом Магеллановом Облаке (указана стрелкой).



◄ Сверхновая 1987 г. в Большом Магеллановом Облаке через четыре года после вспышки. Кольца образованы взаимодействием вещества, выброшенного при взрыве, с газовыми оболочками, сброшенными звездой до взрыва. Снимок Хаббловского космического телескопа.

Сверхновые играют важную роль в эволюции звёзд. Они являются финалом жизни звёзд массой более 8—10 солнечных, рождая нейтронные звёзды и чёрные дыры и обогащая межзвёздную среду тяжёлыми химическими элементами. Все элементы тяжелее железа образовались в результате взаимодействия ядер более лёгких элементов и элементарных частиц при взрывах массивных звёзд. Не здесь ли кроется разгадка извечной тяги человечества к звёздам? Ведь в мельчайшей клеточке живой материи есть атомы железа, синтезированные при гибели



ДИАГРАММА ГЕРЦШПРУНГА — РЕССЕЛЛА

В конце XIX — начале XX в. в астрономию вошли фотографические методы количественных оценок видимого блеска (звёздных величин) звёзд и их цветовых характеристик (показателей цвета). Анализ этих параметров очень скоро привёл к открытию физической закономерности, связывающей наблюдаемые характеристики звёзд.

Первый шаг был сделан в 1905—1907 гг. датским астрономом Эйнаром Герцшпрунгом на основе фотометрических измерений ярких звёзд двух сравнительно близких звёздных скоплений — Плеяды и Гиады. Он обнаружил, что голубые звёзды в каждом скоплении имеют самую высокую яркость, а среди красных звёзд можно выделить слабые и сравнительно яркие. Иными словами, на диаграмме, где сопоставляются звёздная величина и цвет звёзд, звёзды разбиваются на отдельные группировки. Поскольку звёзды каждого скопления находятся от нас примерно на одинаковом расстоянии, видимая яркость, измеряемая в звёздных величинах, характеризует светимость звёзд. Следовательно, цвет и светимость звёзд каким-то образом соотносятся друг с другом.

Но цвет звезды зависит от её температуры (чем звезда горячее, тем она голубее), которая в свою очередь тесно связана с видом звёздного спектра, т. е. спектральным классом, определяемым непосредственно из наблюдений. В 1913 г. американский астроном Генри Рессел сопоставил светимость различных звёзд с их спектральными классами. На диаграмму спектр — светимость он нанёс все звёзды с известными в то время расстояниями (не зная расстояния, невозможно оценить светимость звезды). С тех пор сходные по своему значению диаграммы цвет — светимость и температура — светимость часто называют диаграммами Герцшпрунга — Ресселла.

На диаграмме Герцшпрунга—Ресселла звёзды образуют отдельные группировки, именуемые *последовательностями*. Самая густонаселённая из них — главная последовательность — включает в себя около 90% всех наблюдаемых звёзд (в том числе и наше Солнце). Она тянется по диагонали: от левого верхнего края диаграммы, где сосредоточены голубые горячие звёзды высокой светимости, вправо вниз — к области, занимаемой слабыми красными звёздами. Справа над нижней частью главной последовательности располагается ветвь гигантов, объединяющая преимущественно красные звёзды большого размера, светимость которых в десятки и сотни раз превосходит солнечную. Среди этих ярких звёзд на ветви гигантов — Арктур, Альдебаран, Дубхе (α Большой Медведицы). На самом верху диаграммы почти горизонтально через все спектральные классы проходит последовательность звёзд-сверхгигантов. К ней принадлежат, например, Полярная звезда, Ригель, Бетельгейзе. Красные сверхгиганты — это крупнейшие по размеру звёзды. А внизу, в области высоких

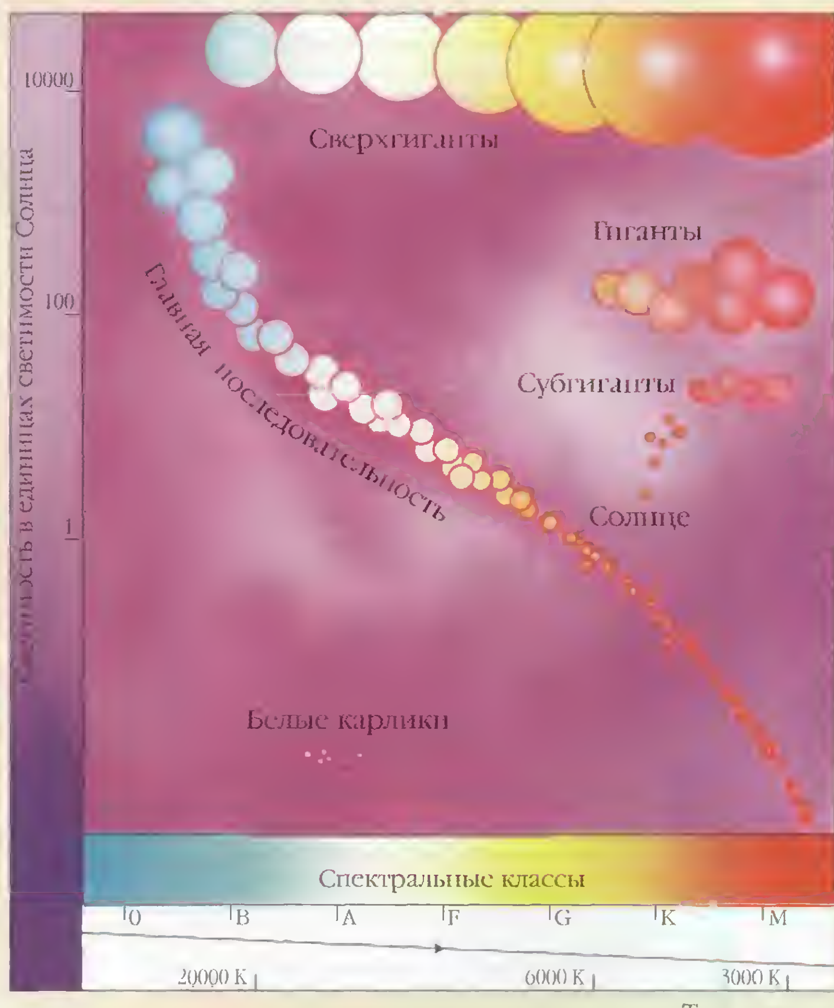


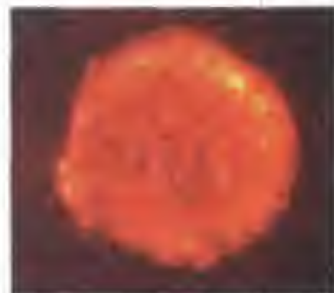
Диаграмма Герцшпрунга — Ресселла. Показаны основные последовательности, образуемые звёздами.



ной ($2 \cdot 10^{30}$ кг) их слияние должно произойти за время меньше возраста Вселенной — примерно за 10 млрд лет. Как показывают оценки, в типичной галактике такие события случаются раз в несколько сот лет. Гигантской энергии, освобождаемой при этом катастрофическом процессе, вполне достаточно для объяснения явления сверхновой.

Кстати, примерное равенство масс белых карликов делает их слияния «похожими» друг на друга, а значит, сверхновые I-го типа по своим характеристикам должны выглядеть одинаково вне зависимости от того, когда и в какой галактике произошла вспышка. Поэтому видимая яркость сверхновых отражает расстояния до галактик, в которых они наблюдаются. Это свойство сверхновых I-го типа в настоящее время используется учёными для получения независимой оценки важнейшего космологического параметра — постоянной Хаббла, которая служит количественной мерой скорости расширения Вселенной.

Мы рассказали лишь о наиболее мощных взрывах звёзд, происходящих во Вселенной и наблюдаемых в оптическом диапазоне. Поскольку в случае сверхновых звёзд основная энергия взрыва уносится нейтрино, а не светом, исследование неба методами нейтринной астрономии имеет интереснейшие перспективы. Оно позволит в будущем «заглянуть» в самое «пекло» сверхновой, скрытое огромными толщами непрозрачного для света вещества. Ещё более удивительные открытия сулит гравитационно-волновая астрономия, которая в недалёком будущем поведает нам о грандиозных явлениях слияния двойных белых карликов, нейтронных звёзд и чёрных дыр.



Остаток сверхновой Тихо в рентгеновских лучах. Съёмка спутника ROSAT.

НЕОБЫЧНЫЕ ОБЪЕКТЫ: НЕЙТРОННЫЕ ЗВЁЗДЫ И ЧЁРНЫЕ ДЫРЫ

Летом 1967 г. на радиотелескопе в Кембридже (Великобритания) были открыты пульсирующие источники радиоизлучения, или просто пульсары. Астрономы заметили, что при исследовании определённого участка неба приёмник регистрирует радиоимпульсы, повторяющиеся с интервалом чуть больше одной секунды. До тех пор во Вселенной не наблюдалось ни одного источника излучения такой быстрой и правильной переменности. Сначала наблюдатели предположили, что это какие-то земные сигналы. Однако вскоре они убедились, что импульсы приходят из-за границ Солнечной системы. Высказывалась даже гипотеза, что сигналы посылает другая цивилизация, поэтому для них ввели обозначение LGM (сокращение от английского little green men — «маленькие зелёные человечки»). Но вот похожий источник обнаружился в совершенно другой области неба, затем — ещё два, и теперь уже никто не сомневался, что импульсы имеют естественное происхождение. Но каково оно, всё равно оставалось загадкой. (Подробнее об истории открытия пульсаров можно прочесть в статье «Радиоастрономия».)

Труднее всего оказалось объяснить быструю переменность этих источников. Период (интервал между импульсами) самой быстропеременной звезды, известной до тех пор, был равен 70 с, в то время как у некоторых пульсаров он не превышает нескольких тысячных долей секунды.

По характеру излучения нетрудно приближённо определить максимально возможные размеры области пространства, из которой оно испускается. Лучи от дальних участков этой области поступают к земному наблюдателю позже, чем с её ближней границы. Поэтому мгновенный импульс излучения для наблюдателя выглядит протяжённым по времени.

Центр Крабовидной туманности в рентгеновских лучах. Виден пульсар и свечение газа. Съёмка спутника ROSAT.







Модель строения звезды типа Солнца. Жёлтый цвет — зона лучистого переноса, красный цвет — конвективная зона.

Модель строения красного гиганта. Жёлтый цвет — зона лучистого переноса, красный цвет — конвективная зона.

КРАСНЫЙ СВЕРХГИГАНТ VV ЦЕФЕЯ

Эта звезда, превосходящая Солнце по диаметру в 2 тыс. раз (её диаметр такой же, как у орбиты Сатурна), видна, однако, только в бинокль. Её блеск составляет 6,5 звёздной величины. Звезда двойная: у красного сверхгиганта класса M имеется спутник — белый гигант класса B9.

В 1936 г. американский астроном Дин Мак-Лафлин установил, что эта звезда — затменно-переменная. Раз в 20 лет происходит затмение белого гиганта красным сверхгигантом, длящееся 16 месяцев. Но ещё до этого открытия выяснилось, что красный сверхгигант представляет собой физическую переменную звезду. Иначе говоря, он изменяет блеск сам по себе, скорее всего за счёт периодических колебаний радиуса звезды.

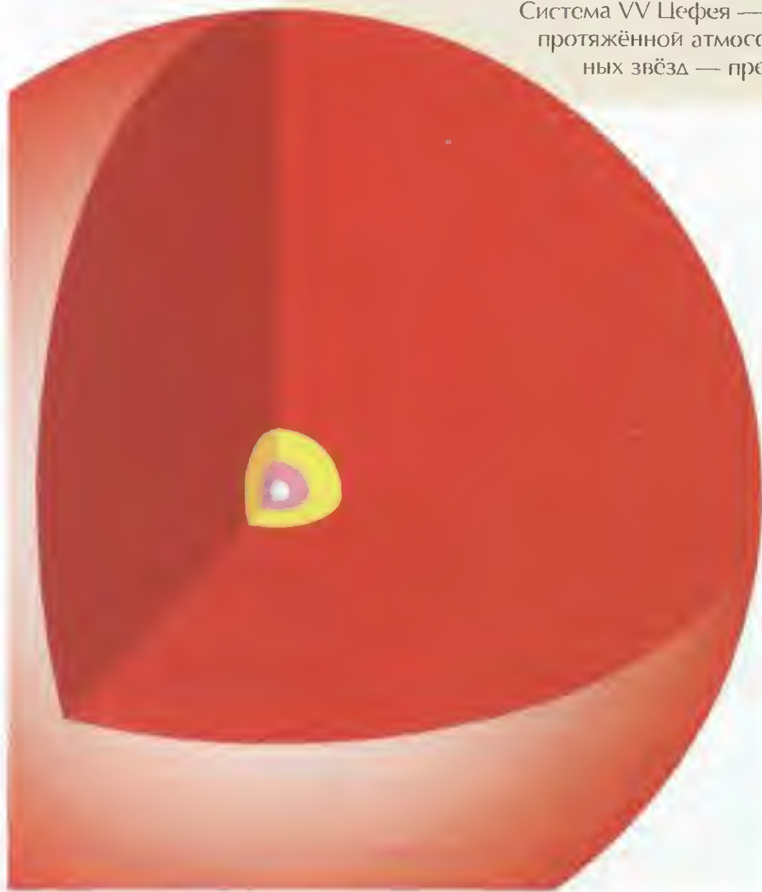
Кроме того, звезда класса M имеет протяжённую атмосферу, так что ещё до начала затмения белого гиганта в его спектре появляются так называемые хромосферные линии за счёт поглощения света B-звезды в атмосфере M-звезды.

После 1936 г. затмения B-звезды наблюдались каждые 20 лет. По наблюдениям в промежутке между затмениями 1956 и 1976 гг. и во время затмения 1976—1977 гг. удалось уточнить основные параметры этой двойной системы.

По изменениям лучевых скоростей определили расстояние между центрами звёзд — 19 а. е. (как от Солнца до Урана). Массы обеих звёзд примерно одинаковы: по 20 солнечных каждая. Пульсации M-звезды происходят с периодом 150 суток.

Детальный анализ оптических спектральных линий показал, что из M-звезды вырываются газовые потоки, направленные в сторону B-звезды и обтекающие её. Скорость этих потоков достигает 200 км/с.

Система VV Цефея — одна из немногих сравнительно ярких звёзд с протяжённой атмосферой и одна из самых крупных среди известных звёзд — представляет большой научный интерес.



звезды наличием конвективных движений. В карликах этот процесс протекает очень медленно, и они практически не изменяются в течение миллиардов лет. Когда водород полностью сгорает, они медленно сжимаются и за счёт энергии сжатия могут существовать ещё очень длительное время.

Солнце и подобные ему звёзды представляют собой промежуточный случай. У Солнца имеется маленькое конвективное ядро, но не очень чётко отделённое от остальной части. Ядерные реакции горения водорода протекают как в ядре, так и в его окрестностях. Возраст Солнца примерно 4,5—5 млрд лет, и за это время оно почти не изменило своего размера и яркости. После исчерпания водорода Солнце может постепенно вырасти в красный гигант, сбросить чрезмерно расширившуюся оболочку и закончить свою жизнь, превратившись в белый карлик. Но это случится не раньше, чем через 5 млрд лет.



ся. При очень высокой плотности электроны, соединяясь с протонами, образуют нейтральные частицы — нейтроны. Вскоре уже почти вся звезда состоит из одних нейтронов, которые настолько тесно прижаты друг к другу, что огромная звёздная масса сосредоточивается в очень небольшом шаре радиусом несколько километров и сжатие останавливается. Плотность этого шара — *нейтронной звезды* — чудовищно велика даже по сравнению с плотностью белых карликов: она может превышать 10 млн т/см^3.

Существование нейтронных звёзд предсказал ещё в 1932 г. советский физик Лев Давидович Ландау, а в 1934 г. работавшие в США Вальтер Баде и Фриц Цвикки предположили, что эти звёзды являются остатками взрывов сверхновых. Естественно, после того как обнаружилась связь пульсаров с остатками вспышек сверхновых, было высказано мнение, что пульсары и нейтронные звёзды — это одни и те же объекты.

Каким же образом пульсары излучают электромагнитные волны? При сжатии звезды увеличивается не только её плотность. Согласно закону сохранения момента количества движения, с уменьшением радиуса звезды растёт скорость её вращения. При коллапсе огромной массивной звезды до размеров порядка нескольких десятков километров период вращения уменьшается до сотых и даже тысячных долей секунды, т. е. до характерных периодов переменности пульсаров. Помимо этого сильно уплотняется и магнитное поле звезды.

На поверхности нейтронной звезды, где нет такого большого давления, нейтроны могут опять распадаться на протоны и электроны. Сильное магнитное поле разгоняет лёгкие электроны до скоростей, близких к скорости света, и выбрасывает их в околозвёздное пространство. Заряженные частицы движутся только вдоль магнитных силовых линий, поэтому электроны покидают звезду именно от её магнитных полюсов, где силовые линии выходят наружу.

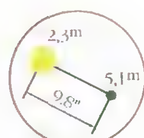


Размеры нейтронной звезды в сравнении с размерами города Москвы.

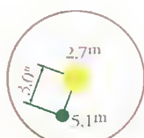
Перемещаясь вдоль силовых линий, электроны испускают излучение в направлении своего движения. Это излучение представляет собой два узких пучка электромагнитных волн. Если магнитная ось звезды (так же, как и Земли) не совпадает с осью вращения, то пучки излучения будут вращаться с периодом, равным периоду вращения звезды. Мы наблюдаем это излучение в том случае, когда, описывая окружность в пространстве, лучи пробегают по земной поверхности. Так что название «пульсары» не совсем точно: они не пульсируют, а вращаются.

Во внешнем слое нейтронной звезды происходят и другие необычные явления. Там, где плотность вещества ещё недостаточно велика для разрушения ядер, они могут образовывать

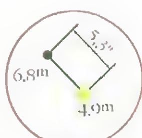




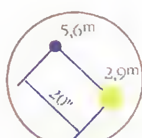
γ Андромеды



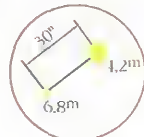
ε Волопаса



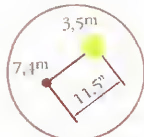
ξ Волопаса



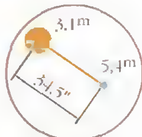
α Гончих Псов



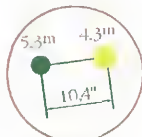
ι Рака



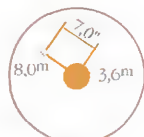
η Кассиопеи



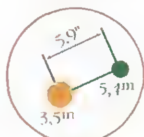
β Лебедя



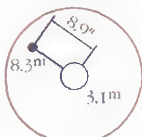
γ Дельфина



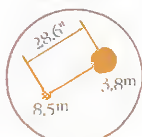
κ Близнецов



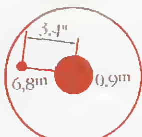
α Геркулеса



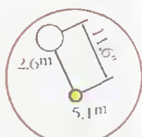
δ Геркулеса



η Персея



α Скорпиона



β Скорпиона

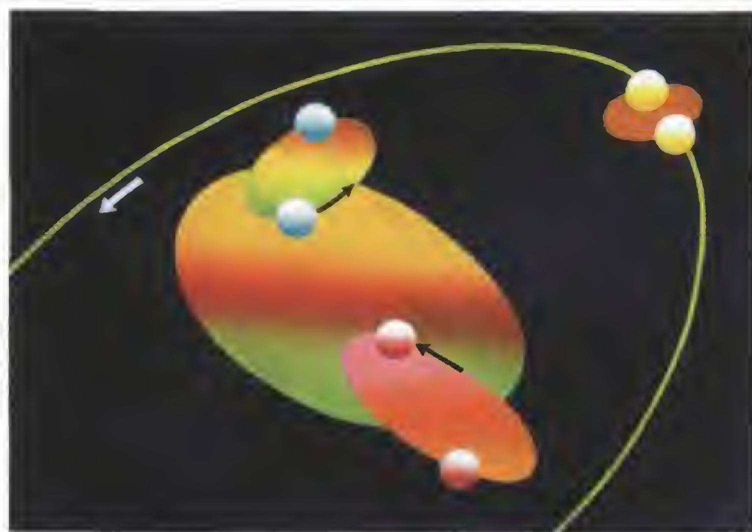
Взаимное расположение и цвета двойных звёзд.

Любая звёздная пара — это сёстры-двойняшки. Так же, как солнца-одиночки, двойные и кратные звёзды сформировались из сгустков межзвёздного газа и пыли. Если газовое облако спокойно и «безветренно», то, сжимаясь под действием сил тяготения, падая само на себя, оно рождает одну звезду. Но обычно, как и все небесные тела, облако вращается и при этом клубится подобно облакам на Земле или на Юпитере. Вращательное движение препятствует прямому сжатию звезды, и образуется двойной, тройной «газоворот». Так рождается звёздная двойня, тройня...

Новорождённая пара звёзд, надёжно связанная силами притяжения, кружится около общего центра масс, словно танцевальная пара на льду. Расстояние между напарницами может быть очень разным. Так, между Мицаром и Алькором оно по меньшей мере в 20 тыс. раз превосходит расстояние от Земли до Солнца; время обращения этих звёзд — их год — составляет несколько миллионов земных лет. А некоторые звёзды кружат совсем рядом, завершая год за считанные минуты. Тесные пары даже в самый большой телескоп сливаются в точку, но о том, что звезда двойная, можно иногда узнать другими способами, например по анализу спектра. Время обращения пары звёзд зависит не только от расстояния, но и от их масс. Чем массивнее звёзды, тем быстрее кружение. Кстати, наблюдение за движением пары — это пока единственный прямой способ «взвесить» звёзды.

Вращение звёзд в паре наиболее устойчиво. И если слишком близко к ним оказывается третья, то совместными гравитационными усилиями парочка отшвыривает чужака чаще всего прочь и навсегда, реже — на более далёкую орбиту. «Третий должен уйти!» Поэтому в тройных звёздах третья всегда далеко отстоит от пары. Когда же больше трёх звёзд входят в одну систему, то они, как правило, объединяются по парам. К примеру, две широко разнесённые пары образуют четверную систему ε Лиры. А если такую четвёрку на большом расстоянии обходит ещё одна тесная пара, то складывается (как в случае Кастора) шестикратная система.

«Похожи как близнецы» — это выражение часто совсем не подходит для двойных и кратных звёзд. Нередко напарницы различны не только по цвету (а значит, по температуре), но и по размерам. Так, вокруг ярко-красного исполина Антареса, в 500 раз



Кастор (α Близнецов) — шестикратная звезда.



чёрную дыру, называется *гравитационным радиусом*. Для массивных звёзд он составляет несколько десятков километров.

Наблюдения показывают, что очень многие звёзды являются двойными, а часть из них входит и в более обширные звёздные группы. Узнать о том, что две звезды составляют пару, можно, изучив их совместное движение. Но бывает и так, что наблюдать удаётся излучение лишь одного компонента звёздной пары. Конечно, при этом нельзя исключить, что второй компонент является либо маломассивной тусклой звездой, либо белым карликом. Однако в некоторых парах масса невидимого компонента слишком велика для подобных объектов. В таком случае можно предположить, что он представляет собой нейтронную звезду или чёрную дыру. Но и тогда останется большая доля неопределённости.

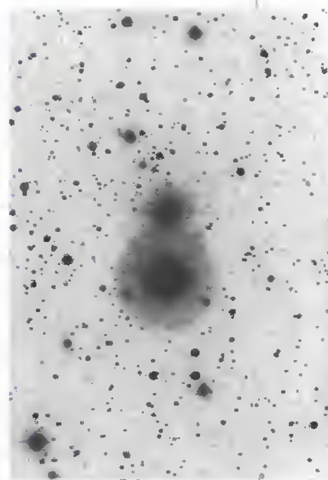
Более уверенные выводы можно сделать, изучая свойства тесных двойных систем, в которых расстояния между компонентами настолько малы, что они почти соприкасаются, а иногда и действительно соприкасаются. Что если одной из звёзд-соседок будет компактная массивная «мёртвая» звезда? Её гравитационное поле может оказаться достаточно сильным, чтобы срывать вещество с нормальной звезды. В этом случае газ начнёт отделяться от внешних слоёв видимой звезды и падать на невидимый спутник. Но сам этот газ будет доступен наблюдниям. Более того, вблизи нейтронной звезды или чёрной дыры газ сильно разогреется и станет источником высокоэнергичного электромагнитного излучения в рентгеновском и гамма-диапазоне. Такое излучение не проходит сквозь земную атмосферу, но его можно наблюдать с космических телескопов. После запуска внеатмосферных приёмников рентгеновского и гамма-излучения подобные источники были открыты в тесных двойных системах.

В большинстве двойных систем, являющихся источниками рентгеновского излучения, масса невидимого компонента не превышает двух солнечных масс, следовательно, это нейтронная звезда. Но некоторые объекты такого типа слишком массивны для нейтронной звезды. Предполагается, что в этом случае гравитационное поле создаёт чёрная дыра. Одним из вероятных кандидатов в чёрные дыры считается ярчайший источник рентгеновских лучей в созвездии Лебедя — Лебедь X-1.

Отличить чёрную дыру от нейтронной звезды (если излучение последней не наблюдается) очень трудно. Поэтому о существовании чёрных дыр часто говорят предположительно. Тем не менее открытие массивных несветящихся тел (с массами в несколько масс Солнца) — серьёзный аргумент в пользу их существования.



Минимальные скорости, необходимые для того, чтобы тело или излучение могло покинуть звёзды различных типов.



Рентгеновский источник Лебедь X-1. Оптическая фотография (негатив). Ореолы вокруг ярких звёзд — это фотографический эффект.

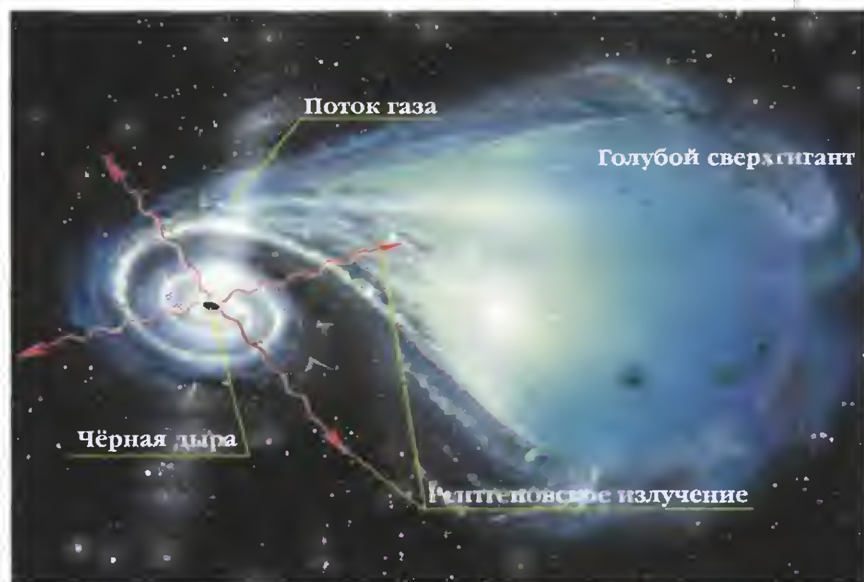
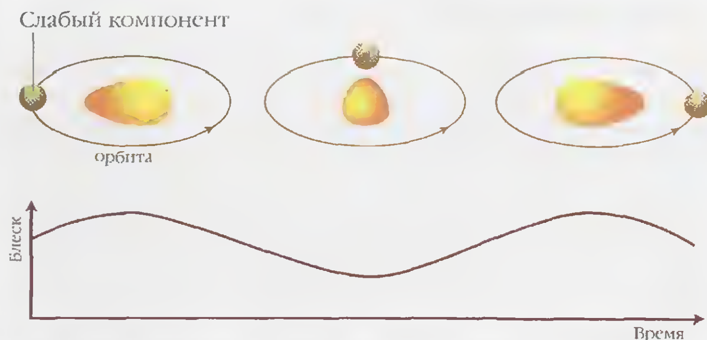


Схема чёрной дыры.





Изменение блеска несферической переменной звезды.

Ответ даёт другая пара — затменно-переменная звезда Шелиак, или β Лиры. Звёзды Шелиака не шары. Силами взаимного притяжения они вытянуты навстречу друг другу. Миниатюрная желтоватая «дынька» кружит около громадной голубоватой «груши». Но самое удивительное в том, что с макушки груши к дыньке непрерывно течёт мощная струя газа. Ну кто ещё в пустынной Галактике, кроме родной сестры, поделится с тобой звёздной пищей? Жаль, конечно, что большая часть струи отклоняется в сторону, мимо дыньки, замыкая огромное кольцо вокруг пары звёзд. Газовый «бублик» быстро рассеялся бы, если бы его не питали новые и новые потоки газа.

Сброс вещества звезды — явление кратковременное, как выброс закипающего молока из кастрюли. Массивная звезда под старость словно закипает, вздувается, как молочная пена, а тут рядом сестрица со своим притяжением успевает что-то слизнуть. Так вот, в паре Алголя всё уже «откипело», и сосунок превратился в главную звезду, а кормилица — в спутник. Конечно, можно сбросить массу, но разве сбросишь старость?

Будь Сириус А чуть постарше, а Щенок к нему поближе, человеку раз в жизни доводилось бы видеть поразительное небесное зрелище — близкую вспышку новой звезды. Вообразите, что за две-три ночи Сириус на наших глазах разгорается в сотни тысяч раз и светит как десять полных лун, превращая ночь в жуткие беззвёздные сумерки, а днём сверкая при свете Солнца. И потом года полтора-два он медленно возвращается к норме. «Новая звезда» — условное название природной водородной бомбы. Когда нормальная звезда много лет льёт водород на раскалённый добела карлик, всё остаётся без последствий только до поры. Через 50, 100 или даже 200 лет готовая водородная бомба взрывается, разбрасывая часть газа, после чего многоразовое ядерное устройство вновь становится на подзарядку водородом. Наверное, всё-таки хорошо для нас, что среди близких звёзд (а до Сириуса только 9 световых лет) нет такой петарды. Зато раз десять в столетие земляне даже невооружённым глазом наблюдают вспышки далёких новых звёзд. Последний раз такая новая была обнаружена в 1975 г. в созвездии Лебедя.

Самый интересный пример тесной двойной системы — обыкновенная звезда и чёрная дыра. Представьте себе: массивная звезда отсветила своё и в конце жизни сколлапсировала; но превратилась не в белый карлик размером с Землю (как Щенок), не в нейтронную звезду радиусом 10 км, а сжалась, уплотнилась до размера всего в несколько километров. Спрессовалось не только вещество звезды, напряглась и сила её притяжения. Тяготение её столь велико, что даже самые быстрые частицы Вселенной — фотоны (частицы света или другого излучения) — не в силах покинуть чёрную дыру. Поэтому дыра не светит и ничего не излучает. Её будто и нет, она полностью замаскировалась.

Но за пределами чёрной дыры простирается мощное поле её тяготения. И если чёрная дыра образовалась в паре с другой звездой, то последняя будет выдавать присутствие дыры своим движением, обращаясь словно бы вокруг пустого места. Когда с возрастом вторая звезда распухнет и начнёт истекать газом, дыра потянет газ на себя и вокруг неё вспыхнет рентгеновский источник.

Падая в дыру по спирали со скоростью, близкой к скорости света, газ образует вокруг неё крутящийся диск, разогретый трением настолько, что он излучает рентгеновские лучи. Сле-



деле она ещё выше (около 10 000 К). Следовательно, светимость этой звёздочки, если бы она имела размеры Солнца, должна была как минимум в 10 раз превосходить солнечную. Наблюдаемая же светимость Сириуса В, как мы знаем, в 400 раз меньше солнечной, т. е. она оказывается ниже ожидаемой более чем в 4 тыс. раз! Единственный выход из этого противоречия — считать, что Сириус В имеет гораздо меньшую площадь видимой поверхности, а значит, и меньший диаметр. Вычисления показали, что Сириус В по размеру всего лишь в 2,5 раза больше Земли. Но массу-то он сохраняет солнечную — выходит, его средняя плотность должна быть почти в 100 тыс. раз больше, чем у Солнца! Многие астрономы отказывались верить в существование столь экзотических объектов.

Только в 1924 г., в основном благодаря стараниям английского астрофизика Артура Эддингтона, разработавшего теорию внутреннего строения звезды, компактные спутники Сириуса и Проциона были наконец осознаны астрономическим сообществом как реальные представители совершенно нового класса звёзд, которые известны теперь как белые карлики. «Белые» — потому что первые представители этого типа были горячими бело-голубыми светилами, «карлики» — потому что у них очень маленькие светимости и размеры.

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как мы уже выяснили, плотность белых карликов во много тысяч раз выше, чем у обычных звёзд. А значит, их вещество должно находиться в каком-то особом, ранее неизвестном физическом состоянии. На это указывали и необычные спектры белых карликов.

Во-первых, их линии поглощения во много раз шире, чем у нормальных звёзд. Во-вторых, линии водорода могут присутствовать в спектрах белых



Сравнительные размеры Земли и некоторых белых карликов.

карликов при таких высоких температурах, при каких в спектрах обычных звёзд их нет, так как весь водород оказывается ионизованным. Всё это удалось теоретически объяснить очень высоким давлением вещества в атмосферах белых карликов.

Следующей особенностью спектров этих экзотических звёзд является то, что линии всех химических элементов немного сдвинуты в красную сторону по сравнению с соответствующими линиями в спектрах, полученных в земных лабораториях. Это эффект так называемого гравитационного красного смещения, обусловленного тем, что ускорение силы тяжести на поверхности белого карлика во много раз больше, чем на Земле.

Действительно, из закона всемирного тяготения следует, что ускорение силы тяжести на поверхности звезды прямо пропорционально её массе и обратно пропорционально квадрату радиуса. Массы белых карликов близки к массам нормальных звёзд, а радиусы во много раз меньше. Поэтому



чение представляет огромный интерес, так как может пролить свет на целый ряд фундаментальных научных проблем.

Наблюдения двойных систем, находящихся на разных стадиях звёздной эволюции, — это серьёзный экзамен для существующих теоретических моделей их происхождения и развития. Ведь десятки тысяч известных на сегодняшний день звёздных пар подразделяются на несколько десятков основных типов в зависимости от физических характеристик входящих в них светил: белый карлик может соседствовать с красным гигантом; нейтронная звезда, обладающая особо сильным магнитным полем, — с рядовой звездой вроде нашего Солнца; быстровращающаяся чёрная дыра — с голубым сверхгигантом, истекающим мощным звёздным ветром... Всех комбинаций просто не перечесть! А ведь внутри каждого типа могут ещё различаться расстояния между компонентами, их массы, химический состав...

Галактика становится как бы гигантской лабораторией, а двойные звёзды в ней — богатейшим набором измерительных приборов, экспериментальных установок. Даже фундаментальные свойства пространства — времени могут быть скрупулёзно изучены на основе наблюдений некоторых звёздных пар, не говоря уже о проблемах физики плазмы, газодинамики, небесной механики.

Недавно астрономам удалось измерить с фантастической точностью (до нескольких десятых долей процента!) массу одной нейтронной звезды, входящей в состав двойной системы. Не за горами строгое экспериментальное подтверждение существования чёрных дыр. Словом, впереди нас ждёт много захватывающих открытий, связанных с исследованием звёздных пар.

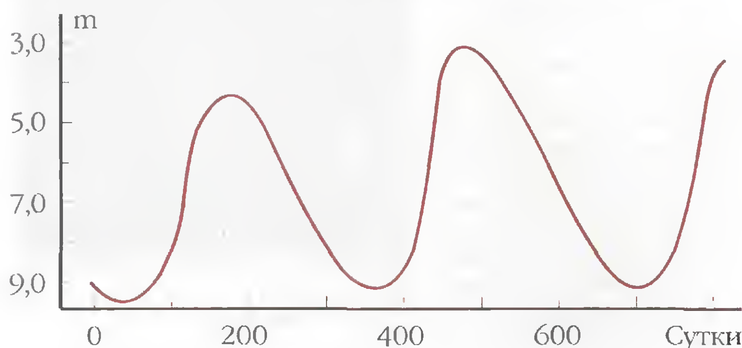
ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЁЗДЫ

Ещё в древности люди заметили, что взаимное расположение звёзд и их блеск практически не меняются, и пришли к философскому выводу о неизменности надлунного мира в противоположность миру подлунному. Выводу этому, однако, противоречили некоторые давно известные, хотя и нечасто наблюдаемые явления. Изредка на небе появлялись новые звёзды: они вспыхивали, иногда достигая необыкновенно яркого блеска (даже ярче Сириуса!), а потом в течение нескольких недель или месяцев полностью угасали. Можно подумать, что именно исчезновение «нарушителей» успокаивало древних философов, позволяя считать эти звёзды «не настоящими».

То, что в старину называли новыми звёздами, сейчас относят к одной из двух важных разновидностей переменных — новым либо сверхновым. Вплоть до XVI в. никаких других переменных звёзд учёные не знали. Существует, правда, легенда, что название звезды β Персея — Алголь (*араб* «звезда дьявола») — появилось из-за якобы замеченной древними арабами (и хорошо известной сегодня) её переменности.

В 1596 г. немецкий астроном Давид Фабрициус открыл новую звезду 2-й звёздной величины в созвездии Кита. Он некоторое время следил за ней, и, как обычно, новая бесследно исчезла. Но неожиданно в 1609 г.

Изменение блеска (m) Миры Кита. Обращает на себя внимание значительная амплитуда переменности и большая продолжительность периода.





ка звезды очень слабо связана с ядром, она в конце концов рассеивается в пространстве. На месте бывшего красного гиганта остаётся очень горячая и компактная звезда, состоящая в основном из гелия, — белый карлик. Благодаря своей высокой температуре она излучает главным образом в ультрафиолетовом диапазоне и ионизует газ разлетающейся оболочки.

Расширяющиеся оболочки, окружающие горячие звёзды, известны давно. Они называются *планетарными туманностями* и были открыты в XVIII в. Уильямом Гершелем. Их наблюдаемое число хорошо согласуется с числом красных гигантов и белых карликов, а следовательно, и с тем, что основной механизм образования белых карликов — эволюция обычных звёзд со сбросом газовой оболочки на стадии красного гиганта.

В тесных двойных звёздных системах компоненты расположены настолько близко друг к другу, что между ними происходит обмен веществом. Раздувшаяся оболочка красного гиганта постоянно перетекает на соседнюю звезду, пока от него не останется только белый карлик. Вероятно, первые открытые представители белых карликов — Сириус B и Процион B — образовались именно таким путём.

* * *

В конце 40-х гг. советский астрофизик Самуил Аронович Каплан показал, что излучение белых карликов приводит к их остыванию. Это означает, что внутренних источников энергии у этих звёзд нет. Каплан построил и количественную теорию остывания белых карликов, а в начале 50-х гг. к аналогичным выводам пришли английские и французские учёные. Правда, из-за малой площади поверхности остывают эти звёзды крайне медленно.

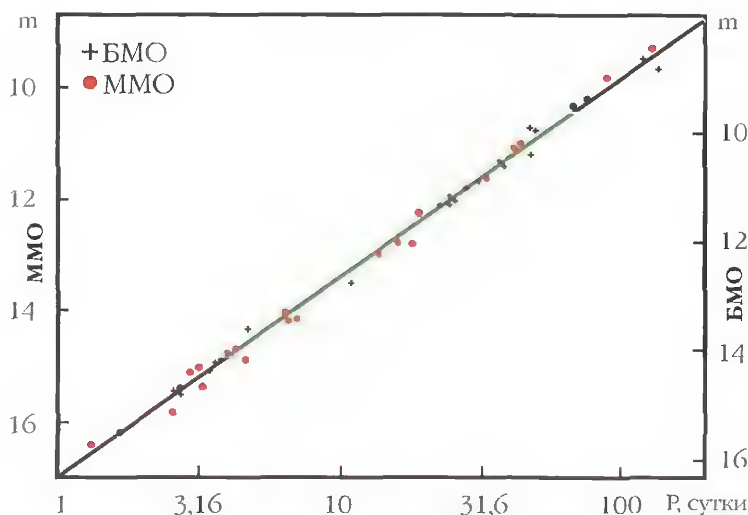
Итак, большинство наблюдаемых свойств белых карликов удалось объяснить огромными значениями плотности их вещества и очень сильным гравитационным полем на их поверхностях. Это делает белые карлики уникальными объектами: воспроизвести условия, в которых находится их вещество, в земных лабораториях пока невозможно.



Планетарная туманность в созвездии Лиры.







▲ Зависимость среднего блеска (m) цефеид в Большом и Малом Магеллановых Облаках (БМО и ММО) от периода переменности (P). Используется для определения расстояний до звёзд.



► Изменение блеска цефеиды в Галактике M 100. Три больших квадрата соответствуют трём моментам времени, цефеида — в центре каждого из них. Съёмка Хаббловского космического телескопа.

исследовавшая цефеиды в одной из ближайших галактик — Малом Магеллановом Облаке, обратила внимание на то, что эти звёзды оказывались тем ярче, чем продолжительнее был период изменения их блеска. Размеры Малого Магелланова Облака небольшие по сравнению с расстоянием до него, а это означает, что разница в видимой яркости отражает отличие в светимости. Благодаря найденной Ливитт зависимости период — светимость легко рассчитать расстояние до каждой цефеиды, измерив её средний блеск и период переменности. А так как сверхгиганты хорошо заметны, цефеиды можно использовать для определения расстояний даже до сравнительно далёких галактик, в которых они наблюдаются.

Есть и вторая причина особой роли цефеид. В 60-е гг. советский астроном Юрий Николаевич Ефремов установил, что чем продолжительнее период цефеиды, тем моложе эта звезда. По зависимости период – возраст нетрудно определить возраст каждой цефеиды. Отбирая звёзды с максимальными периодами и изучая звёздные группировки, в которые они входят, астрономы исследуют самые молодые структуры Галактики.

Цефеиды больше других пульсирующих звёзд заслуживают названия периодических переменных. Каждый следующий цикл изменений блеска обычно весьма точно повторяет предыдущий. Однако встречаются и исключения, самое известное из них – Полярная звезда. Уже давно обнаружено, что она относится к цефеидам, хотя и меняет блеск в довольно незначительных пределах. Но в последние десятилетия эти колебания стали затухать, а к середине 90-х гг. Полярная звезда практически перестала пульсировать. Навсегда ли — покажет будущее.

Кроме цефеид и мирид есть немало других типов пульсирующих звёзд. Некоторые из них в противоположность цефеидам принадлежат к самым старым представителям звёздного населения. Так, пульсирующие переменные *типа RR Лиры* во множестве встречаются в шаровых звёздных скоплениях, возраст которых свыше 12 млрд лет.

Пульсирующая звезда в определённом смысле подобна колеблющемуся пружинному маятнику; аналогом жёсткости пружины при этом является средняя плотность вещества звезды. Звёзды эволюционируют: меняются их размеры, а следовательно, и средняя плотность. Всё это отражается на частоте колебаний «звёздной пружины». Систематически измеряя блеск пульсирующей звезды, нетрудно с высокой точностью определить период колебаний. По изменению периода можно понять, какой этап переживает звезда.

Пристальное внимание астрофизиков привлекают не только пульси-



нем находятся друг от друга на расстоянии 1 пк).

Впоследствии были обнаружены ещё более холодные и плотные облака молекулярного водорода, совершенно непрозрачные для видимого света. Именно в них сосредоточена бóльшая часть холодного межзвёздного газа и пыли. По размерам эти облака примерно такие же, как и области атомарного водорода, но плотность их в сотни и тысячи раз выше. Поэтому в больших молекулярных облаках может содержаться огромная масса вещества, достигающая сотен тысяч и даже миллионов масс Солнца. В молекулярных облаках, состоящих в основном из водорода, присутствуют и многие более сложные молекулы, в том числе простейшие органические соединения.

Некоторая часть межзвёздного вещества нагрета до очень высоких температур и «светится» в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах. В рентгеновском диапазоне излучает самый горячий газ, имеющий температуру около миллиона градусов. Это — *корональный газ*, названный так по аналогии с разогретым газом в солнечной короне. Корональный газ отличается очень низкой плотностью: примерно один атом на кубический дециметр пространства.

Горячий разреженный газ образуется в результате мощных взрывов — вспышек сверхновых звёзд. От места взрыва в межзвёздном газе распространяется ударная волна и нагревает газ до высокой температуры, при которой он становится источником рентгеновского излучения. Корональный газ обнаружен также в пространстве между галактиками.

Итак, основным компонентом межзвёздной среды является газ, состоящий из атомов и молекул. Он перемешан с пылью, содержащей около 1% массы межзвёздного вещества, и пронизывается быстрыми потоками элементарных частиц — космическими лучами — и электромагнитным излучением, которые также можно считать составляющими межзвёздной среды.

Кроме того, межзвёздная среда оказалась слегка намагниченной.

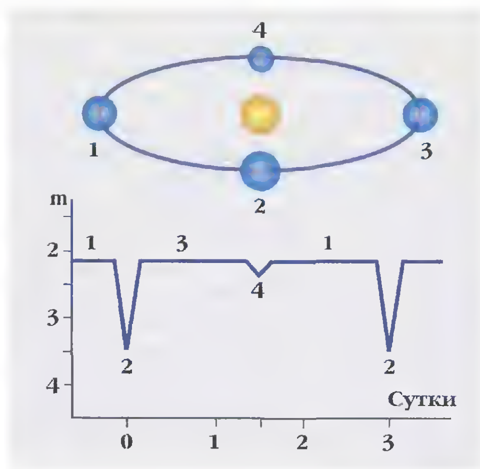


Тёмные участки в Млечном Пути представляют собой непрозрачные облака холодного газа и пыли.



Отражательная туманность Голова Ведьмы в созвездии Эридана.





Изменение блеска (m) затменной переменной звезды, связанное с периодическими затмениями одного компонента другим. Цифры на графике относятся к соответствующим положениям компонента на орбите.

признаки периодичности, связанной с вращением вокруг оси.

Мы знаем всего два-три десятка звёзд, принадлежащих к интересному *типу R Северной Короны*, характерный признак которого, образно говоря, «вспышки наоборот». Звезда, давшая название этой разновидности переменных, иногда неожиданно падает в блеске на несколько (до восьми) звёздных величин, а потом медленно, в течение недель или даже месяцев, восстанавливает яркость. Атмосферы таких звёзд имеют необычный химический состав: в них практически отсутствует самый распространённый во Вселенной элемент — водород, зато много гелия и углерода. Предполагается, что углерод конденсируется в потоках вещества, истекающего с поверхности звезды, образуя сажу, которая и поглощает излучение. У некоторых звёзд типа R Северной Короны зарегистрированы также пульсации с периодами в десятки суток.

Переменные звёзды, описанные выше, меняют свой блеск вследствие сложных физических процессов в недрах или на поверхности либо в результате взаимодействия в тесных двойных системах. Это *физически переменные* звёзды (разумеется, здесь рассмотрены далеко не все их разновидности). Однако найдено немало звёзд, переменность которых объясняется чисто геометрическими эффектами.

Известны тысячи *затменных переменных* звёзд в двойных системах. Их компоненты, перемещаясь по своим орбитам, временами заходят один за другой. Самая знаменитая затменная переменная звезда — Алголь. В этой системе компоненты не слишком близки между собой, поэтому их форма мало искажена взаимодействием — они почти шарообразны. Переменные, подобные Алголю, практически не меняют блеска, пока не наступит затмение. Обнаружить такую переменность непросто, ведь продолжительность затмения обычно невелика по сравнению с интервалом времени, когда блеск звезды постоянен. Но встречаются и другие затменные переменные. Их компоненты имеют форму вытянутых эллипсоидов — столь сильно притяжение каждого из них влияет на соседа. При орбитальном вращении таких тел блеск меняется непрерывно, и довольно трудно определить, в какой момент начинается затмение.

Яркость может быть непостоянной и из-за того, что на поверхности звезды имеются тёмные или светлые пятна. Вращаясь вокруг оси, звезда поворачивается к земному наблюдателю то более светлой, то более тёмной стороной. На некоторых холодных карликовых звёздах пятна подобны солнечным, но, поскольку они занимают бóльшую часть диска, переменность при осевом вращении становится вполне заметной.

У Солнца пятна маленькие. Если наблюдать Солнце издалека, как звезду, его переменность вряд ли будет заметна. Ещё труднее обнаружить её с Земли — Солнце слишком яркое. Однако для человека Солнце — самая важная звезда, от которой зависит жизнь на нашей планете, поэтому и внимание к нему особое. Специальными исследованиями с космических аппаратов было установлено, что, действительно, при прохождении по солнечному диску крупных пятен на Землю поступает чуть-чуть меньше света. Так что Солнце вполне может считаться слабой *пятнистой переменной* звездой. Небольшая переменность Солнца наблюдается и





Большая туманность Ориона.

Что заставляет светиться межзвёздный газ? Ведь привычный нам воздух прозрачен и не излучает света. Голубое небо над головой светится рассеянным на молекулах воздуха светом Солнца. Ночью небо становится тёмным. Впрочем, иногда всё же можно увидеть свечение воздуха, например во время грозы, когда под действием электрического разряда возникает молния. В северных широтах и в Антарктиде часто наблюдаются полярные сияния — разноцветные полосы и сполохи на небе. В обоих случаях воздух излучает свет не сам по себе, а под действием потока быстрых частиц. Поток электронов порождает вспышку молнии, а попадание в атмосферу Земли энергичных частиц из радиационных поясов, существующих в околоземном космическом пространстве, — полярные сияния.

Подобным образом возникает излучение в неоновых и других газовых лампах: поток электронов бомбардирует атомы газа и заставляет их светиться. В зависимости от того, какой газ находится в лампе, от его давления и электрического напряжения, приложенного к лампе, изменяется цвет излучаемого света.

В межзвёздном газе также происходят процессы, приводящие к излучению света, однако они не всегда связаны с бомбардировкой газа быстрыми частицами.

Объяснить, как возникает свечение межзвёздного газа, можно на примере атомарного водорода. Атом водорода состоит из ядра (протона), имеющего положительный электрический заряд, и вращающегося вокруг него отрицательно заряженного электрона. Они связаны между собой электрическим притяжением. Затратив определённую энергию, их можно разделить. Такое разделение приводит к ионизации атома. Но электроны и ядра могут вновь соединиться друг с другом. При каждом объединении частиц



следят за переменными звёздами в бинокль или небольшой телескоп, сравнивая их блеск с блеском соседних звёзд. Однако в последнее время они всё чаще используют современные приборы для измерения яркости, информация с которых сразу передаётся на компьютер.

Ассоциация эффективно взаимодействует с профессиональными астрономическими учреждениями. Например, астрономы поручали её членам проследить, когда у определённой карликовой новой произойдёт вспышка, чтобы, получив сообщение об этом, немедленно начать наблюдения на больших телескопах. Неоценим вклад любителей астрономии в наблюдения переменных типа Миры Кита, которые ведутся ими на протяжении десятилетий. Результаты публикуются в изданиях Американской ассоциации наблюдателей переменных звёзд и других подобных объединений.

Нередко астрономам-любителям удаётся первыми заметить вспышки новых звёзд. Здесь наибольший успех в последнее время выпадает на долю японских наблюдателей, тоже объединённых в ассоциацию. Пользуясь электронной почтой, они поддерживают постоянную связь, помогают друг другу проверить возможные открытия, оперативно извещают профессионалов. А протестантский священник Р. Эванс из Австралии сумел запомнить облик окрестностей большого числа близких галактик, чтобы, наводя на них телескоп, проверять (даже без помощи звёздной карты), не вспыхнули ли в этих галактиках сверхновые звёзды. Так ему удалось открыть десятки сверхновых.

Любительские наблюдения переменных звёзд проводятся и в России, где имеются свои объединения любителей (некоторые наши соотечественники участвуют и в работе Американской ассоциации наблюдателей переменных звёзд). О наиболее интересных результатах они сообщают в Отдел изучения Галактики и переменных звёзд Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга в Москве.

ВЗРЫВАЮЩИЕСЯ ЗВЁЗДЫ

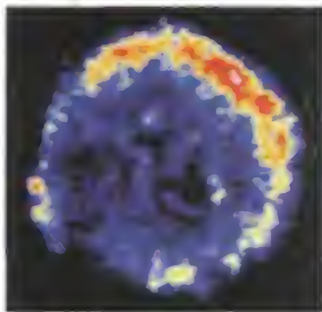
Тот, кто внимательно следит за звёздами из ночи в ночь, имеет в своей жизни шанс обнаружить новую звезду, возникшую как бы на пустом месте. Блеск такой звезды постепенно увеличивается, достигает максимума и через несколько месяцев ослабевает настолько, что она становится не видимой даже вооружённым глазом, исчезает.

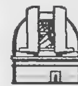
Ещё более грандиозное, но чрезвычайно редкое небесное явление, получившее название сверхновой звезды, запечатлено во многих исторических летописях разных народов. Блеск сверхновой, вспыхивавшей тоже вроде бы на пустом месте, иногда достигал такой величины, что звезду было видно даже днём!

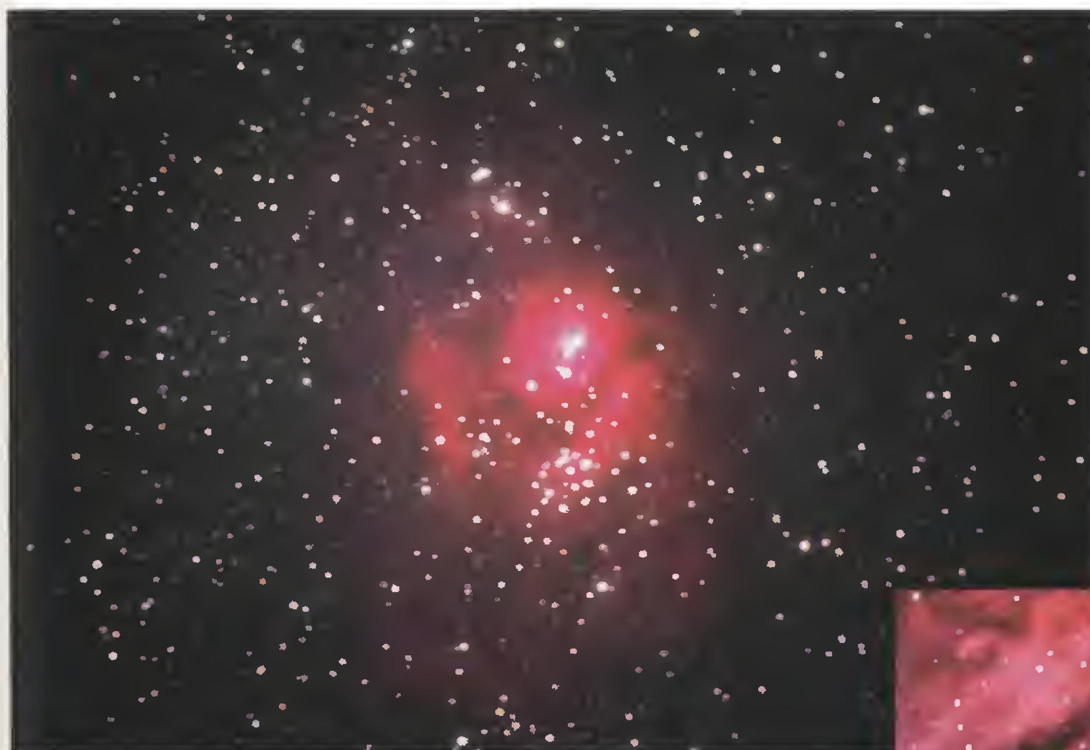
Явления новых звёзд были обнаружены ещё в глубокой древности. В XX в., когда астрономические наблюдения приобрели регулярный характер, а вид звёздного неба «протоколировался» на фотопластинках, стало ясно, что на месте «новых» звёзд на самом деле находятся слабые звёздочки. Просто внезапно их блеск увеличивается до своего максимума и затем вновь уменьшается до спокойного уровня. Более того, оказалось, что иногда явление новой звезды повторяется более или менее регулярно на одном и том же месте, т. е. одна и та же звезда по каким-то причинам раз в сотни лет или чаще сильно увеличивает свою светимость.

Иначе обстоит дело со сверхновыми. Если на их месте до начала вспышки и была заметна звезда (как, например, в случае относительно яркой сверхновой 1987 г. в Большом Магеллановом Облаке), то после вспышки она действительно исчеза-

Рентгеновское изображение остатка сверхновой Тихо, вспыхнувшей в 1572 г. Получено космической обсерваторией «Эйнштейн» (США).







◄ Туманность Лагуна.

Туманность Лагуна. Фрагмент. ▼



азота, серы и некоторых других элементов.

Таким образом, область ионизованного газа вокруг горячих звёзд можно представить в виде «машины», которая перерабатывает ультрафиолетовое излучение звезды в очень интенсивное излучение, спектр которого содержит линии различных химических элементов. И цвет газовых туманностей, как выяснилось позднее, различен: они бывают зеленоватые, розовые и других цветов и оттенков — в зависимости от температуры, плотности и химического состава газа.

Газовые туманности бывают разной формы. Одни имеют форму кольца, в центре которого видна звёздочка, — это планетарные туманности. Другие состоят из отдельных светящихся волокон газа. Многие туманности неправильной формы: они напоминают обыкновенную кляксу. Некоторые из них при наблюдении через светофильтр оказываются состоящими из отдельных волокон. Такова известная Крабовидная туманность. Это — наиболее широко изученный пример остатка взорвавшейся звезды (сверхновой).



Планетарная туманность в созвездии Лиры.



ГИМНАЗИСТ ОТКРЫВАЕТ НОВУЮ ЗВЕЗДУ

Вечером 8 февраля 1901 г. (по старому стилю) гимназист 5-й Киевской гимназии Андрей Борисяк возвращался домой после уроков вместе с товарищем. Андрей был любителем астрономии, регулярно выписывал «Русский астрономический календарь». Не удивительно, что он и в этот раз посмотрел на небо.

Его внимание привлекла яркая звезда в созвездии Персея, которая не обозначена ни на одной звёздной карте. Андрей понял, что это новая звезда. Друзья со всех ног помчались на телеграф. Андрей отправил телеграмму в Петербург профессору Сергею Павловичу Глазенапу. Между тем звезда разгоралась, достигла блеска нулевой величины (как Вега, Капелла, Арктур). О её появлении сообщили многие астрономы и любители астрономии. Но Борисяк был первым (это установили по отметке телеграфа), и честь открытия новой Персея принадлежит ему.

22 марта 1901 г. профессор Глазенап доложил об открытии на заседании Русского астрономического общества. Вскоре Андрей Борисяк был избран действительным членом этого общества. А император Николай II (кстати, состоявший почётным членом того же общества) подарил гимназисту телескоп. Об открытии Борисяка появилась статья в «Известиях Русского астрономического общества».

О новой Персея можно прочесть во многих книгах по астрономии. Ну а как сложилась дальнейшая судьба открывателя? Андрей Алексеевич Борисяк стал выдающимся музыковедом и музыкальным педагогом, преподавал сначала в Харькове, а потом в Москве.

что все новые звёзды являются компонентами тесных двойных систем, в которых одна звезда — как правило, звезда главной последовательности типа нашего Солнца, а вторая — компактный, размером в сотую долю радиуса Солнца, белый карлик.

Орбита такой двойной системы настолько тесна, что нормальная звезда сильно деформируется приливным воздействием компактного соседа. Плазма из атмосферы этой звезды может свободно падать на белый карлик, образуя вокруг него аккреционный диск. Вещество в диске тормозится вязким трением, нагревается, вызывая свечение (именно оно и наблюдается в спокойном состоянии), и в конце концов достигает поверхности белого карлика.

По мере падения вещества на белом карлике образуется тонкий плотный слой газа, температура которого постепенно увеличивается. В итоге (как раз за характерное время от нескольких лет до сотен лет) температура и плотность этого поверхностного слоя вырастают до столь высоких значений, что столкновения быстрых протонов начинают приводить к термоядерной реакции синтеза гелия. Но в отличие от центральных частей Солнца и других звёзд, где эта реакция протекает достаточно медленно, на поверхности белого карлика она носит взрывообразный характер (главным образом из-за очень большой плотности вещества).

Именно этот термоядерный взрыв на поверхности белого карлика и приводит к сбросу накопившейся оболочки (кстати, весьма малой массы — «всего» около сотой доли массы Солнца), разлёт и свечение которой наблюдаются как вспышка новой звезды. Несмотря на огромную выделенную энергию, разлетающаяся оболочка не оказывает заметного воздействия на соседнюю звезду, и та продолжает поставлять топливо для следующего взрыва.

Как показывают оценки, ежегодно в нашей Галактике вспыхивает около сотни новых звёзд. Межзвёздное поглощение делает невозможным наблюдение всех этих объектов. Но самые яркие новые довольно часто бывают видны невооружённым глазом. К примеру, в 1975 г. новая звезда в созвездии Лебедя почти полгода «искажала» его крестообразную конфигурацию.

С началом эры рентгеновской астрономии (60-е гг.) выяснилось, что новые звёзды наблюдаются не только в оптическом диапазоне. Так, в 70-е гг. были открыты *рентгеновские барстеры* — регулярно вспыхивающие источники рентгеновского излучения. Механизм вспышек здесь в целом такой же, как и у классических новых звёзд. Разница в том, что второй компонент тесной двойной системы не белый карлик, а ещё более компактная нейтронная звезда радиусом всего около 10 км.

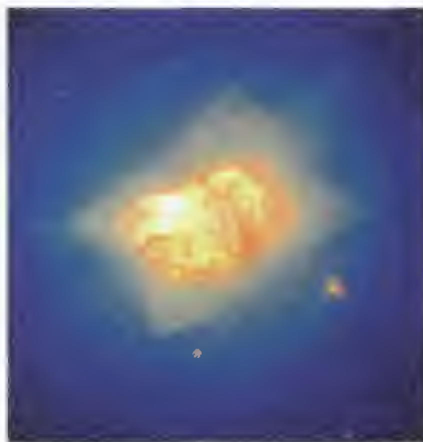
Вещество нормальной звезды типа Солнца или красного карлика «срывается» приливными силами со стороны нейтронной звезды, образуя аккреционный диск. Газ попадает на

Вид новой в созвездии Лебедя в телескоп.










Туманность Северная Америка в созвездии Лебедя.


Планетарная туманность сложной формы NGC 7027.

МЕЖЗВЁЗДНАЯ ПЫЛЬ

Если взглянуть на Млечный Путь в ясную безлунную ночь, то даже невооружённым глазом видно, что эта светлая полоса, пересекающая всё небо, не является сплошной. На её молочном фоне выделяются многочисленные тёмные пятна и полосы. Одно из самых заметных таких пятен в созвездии Стрельца издавна известно под названием Угольный Мешок. Уже два столетия назад выдвигались гипотезы, что «дырки» в небе представляют собой облака поглощающей свет материи. Развитие наблюдательной астрономической техники подкрепило эти предположения вескими доказательствами.

О природе поглощающей материи первоначально не было единого мнения. Считалось, например, что это маленькие метеоритные частицы, образующиеся при разрушении крупных астероидов. Исследование свойств межзвёздного поглощения света позволило установить, что оно вызывается мельчайшими пылинками, которые заполняют космическое пространство. Размеры этих пылинок — порядка одной стотысячной доли сантиметра.

Пылевые частицы в нашей Галактике сильно концентрируются к плоскости галактического диска, поэтому бо́льшая часть тёмных пятен сосредоточена именно на фоне Млечного Пути. Межзвёздная пыль полностью закрывает от нас ядро нашей Галактики. Если бы не это обстоятельство, на ночном небе между созвездиями Стрельца и Скорпиона сияло бы огромное размытое пятно, по яркости соперничающее с диском Луны.

Межзвёздная пыль предстаёт перед наблюдателями не только в виде тёмных туманностей. Если вблизи пылевого облака находится звезда, которая его освещает, то это облако будет видно уже как светлая туманность. В таком случае её называют *отражательной туманностью*.

В первое время после того, как было обнаружено существование межзвёздной пыли, она рассматривалась лишь как досадная помеха астрономическим исследованиям. Пыль задерживает почти половину суммарного излучения всех звёзд Галактики. В некоторых более плотных областях доля поглощённого света превышает 90%, а в молекулярных облаках, где образуются молодые звёзды, достигает практически 100%.

Плотность пыли в космосе ничтожно мала даже по сравнению с разреженным межзвёздным газом. Так, в окрестностях Солнца в кубическом сантиметре пространства содержится в среднем один атом газа и на каждые сто миллиардов атомов приходится всего одна пылинка! Иными



какой-нибудь массивной звезды. И в этом смысле люди сродни снеговику из сказки Андерсена: он испытывал странную любовь к жаркой печке, потому что каркасом ему послужила кочерга...

По наблюдаемым характеристикам сверхновые принято разделять на две большие группы — сверхновые 1-го и 2-го типа. В спектрах сверхновых 1-го типа нет линий водорода; зависимость их блеска от времени (так называемая кривая блеска) примерно одинакова у всех звёзд, как и светимость в максимуме блеска. Сверхновые 2-го типа, напротив, имеют богатый водородными линиями оптический спектр; формы их кривых блеска весьма разнообразны; блеск в максимуме сильно различается у разных сверхновых.

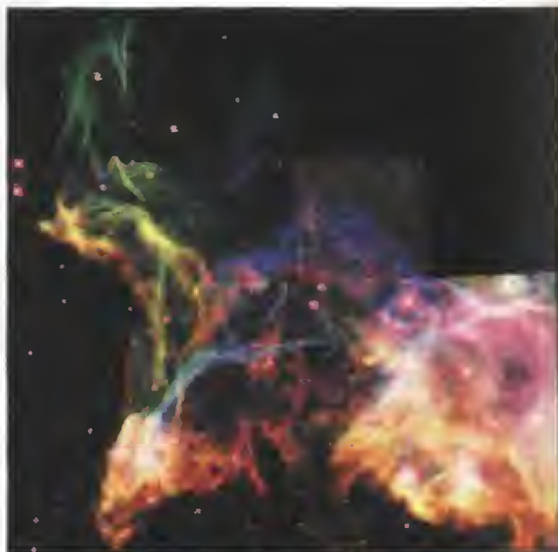
Учёные заметили, что в эллиптических галактиках (т. е. галактиках без спиральной структуры, с очень низким темпом звёздообразования, состоящих в основном из маломассивных красных звёзд) вспыхивают только сверхновые 1-го типа. В спиральных же галактиках, к числу которых принадлежит и наша Галактика — Млечный Путь, встречаются оба типа сверхновых. При этом представители 2-го типа концентрируются к спиральным рукавам, где идёт активный процесс звёздообразования и много молодых массивных звёзд. Эти особенности наводят на мысль о различной природе двух типов сверхновых.

Сейчас надёжно установлено, что при взрыве любой сверхновой освобождается огромное количество энергии — порядка 10^{46} Дж! Основная энергия взрыва уносится не фотонами, а нейтрино — быстрыми частицами с очень малой или вообще нулевой массой покоя. Нейтрино чрезвычайно слабо взаимодействуют с веществом, и для них недра звезды вполне прозрачны.

Законченной теории взрыва сверхновых с формированием компактного остатка и сбросом внешней оболочки пока не создано ввиду крайней сложности учёта всех протекающих при этом физических процессов. Однако все данные говорят о том, что сверхновые 2-го типа вспыхивают в результате коллапса ядер массивных звёзд. На разных этапах жизни звезды в ядре происходили термоядерные реакции, при которых сначала водород превращался в гелий, затем гелий в углерод и так далее до образования элементов «железного пика» — железа, кобальта и никеля. Атомные ядра этих элементов имеют максимальную энергию связи в расчёте на одну частицу. Ясно, что присоединение новых частиц к атомно-



Туманность Петля в созвездии Лебедя. Она образовалась при взаимодействии волны, порождённой взрывом сверхновой, с межзвёздной средой.



Детали Петли Лебедя. Снимок Хаббловского космического телескопа.



Тёмная туманность Конская Голова в созвездии Ориона. Справа — увеличенный фрагмент.

лом размер пылинок колеблется от одной миллионной до одной десятитысячной доли сантиметра.

Графитовые и силикатные частицы образуются во внешних оболочках старых холодных звёзд. Понятие «холодная звезда», конечно, весьма условно. Вблизи звезды температура оболочки ещё достаточно высока и все вещества находятся в газообразном состоянии. По мере старения звезда теряет массу. Вещество, истекающее из её оболочки, удаляется от звезды и остывает. Когда температура газа опускается ниже температуры плавления вещества пылинки, составляющие газ молекулы начинают слипаться в группы, образуя зародыши пылинок. Сначала они растут медленно, но с уменьшением температуры их рост ускоряется. Этот процесс продолжается несколько десятков лет. При дальнейшем расширении вещества, теряемого звездой, постепенно падает не только его температура, но и плотность. Когда газ становится сильно разреженным, рост пылинок прекращается.

На скорость образования и разрушения пылевых частиц во многом влияют температура и плотность того вещества, в котором они находятся. Но межзвёздное пространство крайне неоднородно. Газ и пыль конденсируются в облака, плотность которых может в миллионы раз превышать плотность межоблачного пространства. Давление излучения звёзд и течение газа в Галактике могут переместить пылинку в области, где создаются благоприятные условия для её роста или разрушения.

Химический состав пылинок зависит от того, какого элемента больше содержится в оболочке звезды — кислорода или углерода. Дело в том, что при охлаждении вещества оболочки углерод и кислород образуют очень прочные молекулы окиси углерода (угарный газ). Если после этого остался избыток углерода, в звезде будут формироваться графитовые частицы. В противном случае весь углерод





Остатки взрыва сверхновой в созвездии Близнецов.

Столь большие пространственные скорости отмечены у молодых нейтронных звёзд — радиопульсаров.

Описанная схематическая картина взрыва сверхновой 2-го типа позволяет понять основные наблюдательные особенности этого явления. А теоретические предсказания, основанные на данной модели (особенно касающиеся полной энергии и спектра нейтринной вспышки), оказались в полном согласии с зарегистрированным 23 февраля 1987 г. нейтринным импульсом, пришедшим от сверхновой в Большом Магеллановом Облаке.

Теперь несколько слов о сверхновых 1-го типа. Отсутствие свечения водорода в их спектрах говорит о том, что взрыв происходит в звёздах, лишённых водородной оболочки. Как сейчас полагают, это может быть взрыв белого карлика или результат коллапса звезды *типа Вольфа — Райе* (фактически это ядра массивных звёзд, богатые гелием, углеродом и кислородом).

Как может взорваться белый карлик? Ведь в этой очень плотной звезде не идут ядерные реакции, а силам гравитации противодействует давление плотного газа, состоящего из электронов и ионов (так называемый вырожденный электронный газ). Причина здесь та же, что и при коллапсе ядер массивных звёзд, — уменьшение упругости вещества звезды при повышении её плотности. Это опять-таки связано со «вдавливанием» электронов в протоны с образованием нейтронов, а также с некоторыми релятивистскими эффектами.

Почему же повышается плотность белого карлика? Это невозможно, если он одиночный. Но если белый карлик входит в состав достаточно тесной двойной системы, то под действием гравитационных сил газ с соседней звезды способен перетекать на белый карлик (как в случае новой звезды). При этом масса и плотность его будут постепенно возрастать, что в конечном счёте приведёт к коллапсу и взрыву.

Другой возможный вариант более экзотичен, но не менее реален — это столкновение двух белых карликов. Как такое может быть, спросит внимательный читатель, ведь вероятность столкнуться двум белым карликам в пространстве ничтожна, поскольку ничтожно число звёзд в единице объёма — от силы несколько звёзд в 100 пк^3. И здесь (в который раз!) «виноваты» двойные звёзды, но теперь уже состоящие из двух белых карликов.

Как следует из общей теории относительности Эйнштейна, любые две массы, обращающиеся по орбите вокруг друг друга, рано или поздно должны столкнуться из-за постоянного, хотя и весьма незначительного, уноса энергии из такой системы волнами тяготения — гравитационными волнами. Например, Земля и Солнце, живи последнее бесконечно долго, столкнулись бы вследствие этого эффекта, правда через колоссальное время, на много порядков превосходящее возраст Вселенной. Подсчитано, что в случае тесных двойных систем с массами звёзд около солнеч-



сте с разлетающейся оболочкой они попадают в межзвёздный газ. Поэтому газ, прошедший через ядерный котёл звезды, обогащён химическими элементами. В Галактике звёзды рождались и умирали на протяжении многих миллиардов лет. И практически весь газ, который сейчас наблюдается в межзвёздной среде, уже не раз прошёл через ядерный котёл.

Первоначальный газ не содержал пыли. Она появлялась по мере старения массивных звёзд с холодной оболочкой — красных гигантов. Температура поверхности таких звёзд всего 2—4 тыс. градусов. При этой температуре в атмосфере звезды образуются пылинки. Излучение звезды оказывает на них давление и выдувает пылинки в межзвёздное пространство, где они смешиваются с межзвёздным газом. Красный гигант «чадит», подобно пламени свечи, и «загрязняет» космос пылью.

Так происходит круговорот газа и пыли в пределах одной галактики.

Круговорот газа и пыли в Галактике:
1 — разреженные облака межзвёздного газа;
2 — холодные молекулярные облака, в которых образуются звёзды;
3 — звёзды различной массы и светимости;
4 — сброс оболочки красным гигантом;
5 — взрыв сверхновой звезды.
На последних трёх стадиях часть массы звёзд возвращается в межзвёздную среду в форме разреженного газа.

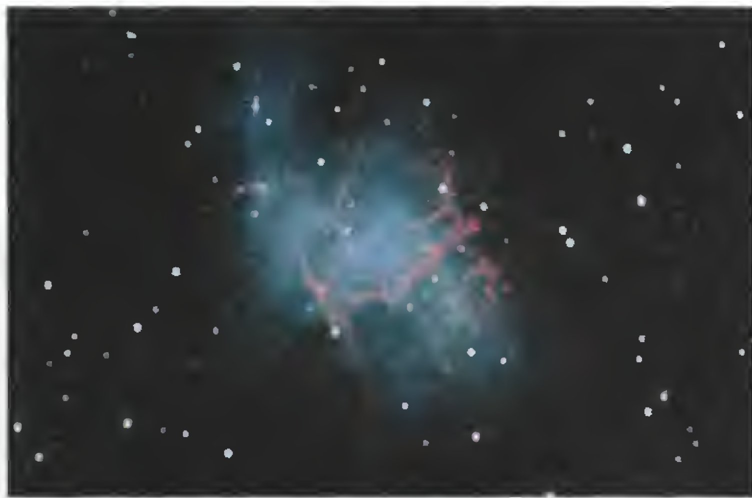


Исследование переменности излучения пульсаров показало, что размеры излучающих областей в данном случае не превышают нескольких десятков километров. Это мало даже по земным масштабам. Во Вселенной же чаще приходится иметь дело с куда более грандиозными расстояниями. Если излучение столь компактных объектов, большая часть которых к тому же значительно удалена от нас, регистрируется на Земле, значит, оно невероятно интенсивно.

Изучая распределение пульсаров по небесной сфере, учёные установили, что они чаще всего встречаются вблизи плоскости Млечного Пути, а следовательно, являются членами нашей Галактики. Когда было открыто достаточно много пульсаров, оказалось, что некоторые из них находятся в остатках вспышек сверхновых звёзд. Наиболее известен пульсар с периодом 0,033 с в Крабовидной туманности — расширяющейся газовой оболочке, возникшей после взрыва сверхновой в 1054 г. В январе 1969 г. этот источник радиоизлучения был отождествлён со слабой звёздочкой, изменяющей свой блеск с тем же периодом. В 1977 г. со звездой удалось отождествить ещё один пульсар — на сей раз в остатке сверхновой в созвездии Паруса. У этих источников были зарегистрированы также рентгеновские и гамма-импульсы. Большинство же пульсаров, кроме радиоимпульсов, никакого излучения не посылали.

Всё это навело учёных на следующую мысль: какова бы ни была природа пульсаров, они связаны со взрывами сверхновых звёзд. Молодые пульсары имеют короткие периоды, излучают в основном в рентгеновском и гамма-диапазоне. На радиоволны приходится меньше стотысячной доли всей излучаемой энергии. Кроме того, возле молодого пульсара сохраняются остатки разлетающейся оболочки взорвавшейся звезды. По мере старения пульсара промежутки между импульсами увеличиваются, а излучение слабеет, причём максимум его сдвигается в радиодиапазон. Начиная с некоторого возраста пульсары перестают излучать, поэтому источников с периодами больше нескольких секунд не обнаружено.

Такова интерпретация наблюдательных данных. Необходима была теоретическая модель, которая объяснила бы связь пульсара со вспышкой сверхновой и предложила процесс, приводящий к столь мощному и правильному переменному излучению радиоволн из такой небольшой области пространства.



Крабовидная туманность — остаток взрыва сверхновой. В центре туманности — пульсар.

ПУЛЬСАР — НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА

К моменту открытия пульсаров было уже известно, что конечным продуктом эволюции звёзд являются компактные массивные объекты, плотность которых во много раз больше, чем у обычных звёзд.

После того как звезда исчерпает свои источники энергии, она начинает остывать и сжиматься. При этом физические свойства газа кардинально меняются, так что его давление сильно возрастает. Если масса звезды невелика, то силы гравитации сравнительно слабы и сжатие звезды (гравитационный коллапс) прекращается. Она переходит в устойчивое состояние белого карлика. Но если масса превышает некоторое критическое значение, сжатие продолжает-

щие межзвёздное пространство. Интенсивность этих лучей не зависит от времени суток, а значит, они приходят к нам изотропно, т. е. одинаково со всех направлений. Изотропность излучения можно объяснить, предположив, что частицы движутся не по прямым, а по сложным и запутанным траекториям.

Искривить траекторию быстрой заряженной частицы может магнитное поле, действующее на неё с силой, направленной перпендикулярно вектору скорости. Эта сила заставляет частицу двигаться по винтовой линии, радиус которой пропорционален её импульсу и обратно пропорционален магнитной индукции. Для того чтобы космические лучи, несмотря на околосветовые скорости, не покидали пределы Галактики, магнитная индукция должна превосходить 10^{-6} гаусс (Гс; 1 Гс = 10^{-4} тесла).

В 1948 г. советские и американские астрономы одновременно обнаружили явление межзвёздной поляризации света. Оказалось, что свет звёзд, проходя через межзвёздную пылевую материю, не только ослабляется, но и становится линейно поляризованным. А для этого необходимо, чтобы пылинки, во-первых, имели вытянутую форму и, во-вторых, были ориентированы в одном направлении. Последнее условие реализуется благодаря магнитному полю.

Прямым подтверждением наличия поля явилось открытие нетеплового, т. е. не связанного с нагретым веществом, радиоизлучения Галактики и некоторых туманностей, образовавшихся в результате взрывов сверхновых звёзд.

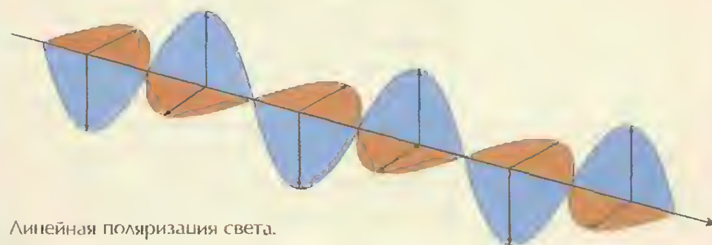
Шведские учёные X. Альвен и Н. Герлофсон в 1950 г. предположили, что источником нетеплового радиоизлучения служат релятивистские (т. е. имеющие околосветовые скорости) электроны, движущиеся в межзвёздном магнитном поле. При движении по винтовой линии электрон испытывает ускорение, направленное по радиусу, и по этой причине излучает электромагнитные волны. Такое излучение называется син-

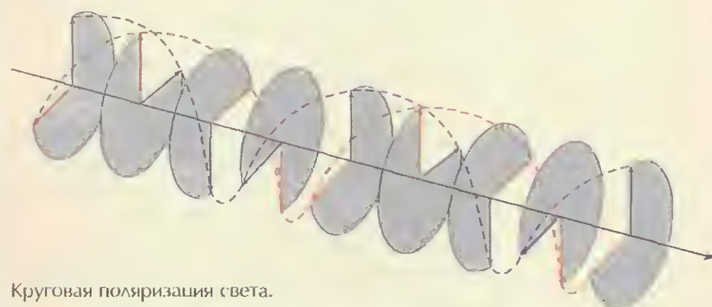
ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

Свет представляет собой электромагнитные волны, а всякая волна — это процесс распространения колебаний. Когда волны бегут по поверхности воды — это механические колебания частиц жидкости. Каждая из частиц перемещается вверх-вниз, а волна распространяет этот процесс на всю поверхность водоёма. При распространении света колеблются величины, характеризующие электромагнитное поле, — напряжённость электрического поля и напряжённость магнитного поля. Эти величины векторные, значит, можно говорить о направлении колебаний в электромагнитной волне.

Обычный свет состоит из волн, колеблющихся в самых разных направлениях. Он называется неполяризованным. Если же направление колебаний упорядоченно, то говорят о поляризации света. Свет, состоящий из волн, у которых направление колебаний одно и то же, — линейно поляризованный. Чтобы превратить неполяризованный свет в линейно поляризованный, нужно поставить на его пути фильтр, пропускающий колебания только в одной плоскости.

Направление колебаний может изменяться по строго определённому закону. Если конец вектора напряжённости электрического поля при распространении волны описывает окружность в плоскости, перпендикулярной направлению распространения, — это круговая поляризация. Свет считается правополяризованным, когда вектор вращается по часовой стрелке, если смотреть навстречу распространяющейся волне, и левополяризованным, когда он вращается в противоположном направлении. При эллиптической поляризации конец вектора напряжённости электрического поля описывает эллипс. Как и круговая, эллиптическая поляризация может быть правой и левой.


Линейная поляризация света.


Круговая поляризация света.



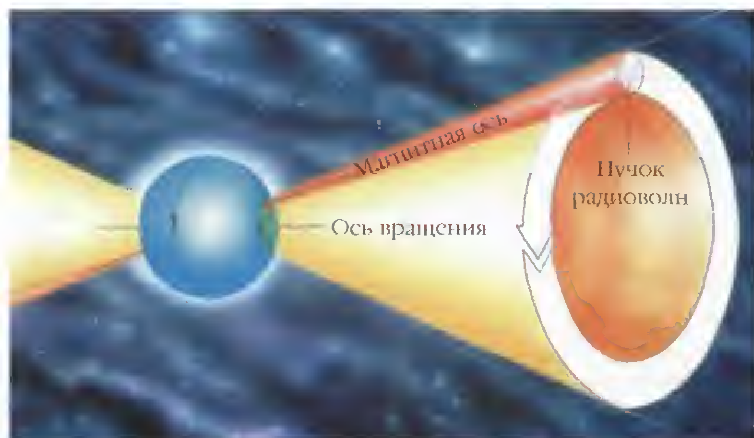


Схема пульсара

твёрдую кристаллическую структуру. И звезда покрывается жёсткой коркой, подобной земной коре, но только в невообразимое число раз плотнее. При замедлении вращения пульсара в этой твердой корке создаются напряжения. После того как они достигнут определённой величины, корка начинает раскалываться. Это явление называется звездотрясением по аналогии с земными тектоническими процессами. Возможно, такими звездотрясениями объясняются скачкообразные изменения периодов некоторых пульсаров.

Пока неизвестно, являются ли вспышки сверхновых единственным источником образования нейтронных звёзд, или они могут возникать и в результате более спокойных процессов.

Открытие пульсаров имело большое значение не только для астрономии. Оно послужило стимулом для развития многих отраслей физики. Изучение пульсаров позволяет исследовать свойства мощных гравитационных и магнитных полей, совершенно недоступных в земных условиях. Высокое постоянство периодов пульсаров дало возможность с большой точностью измерить период вращения Земли. Изменяясь при прохождении через межзвёздный газ, излучение пульсаров несёт важную информацию о составе и физических свойствах межзвёздной среды.

ПУЛЬСАР, «ПОЖИРАЮЩИЙ» БЛИЖНЕГО СВОЕГО

В 1990 г. группа астрономов, возглавляемая Эндрю Лайном (Великобритания), обнаружила вблизи центра Млечного Пути, в шаровом скоплении Терциан-5, быстровращающуюся нейтронную звезду. Её пульсирующее радиоизлучение достигает максимума 86 раз в секунду. Этому пульсару было присвоено обозначение PSR-1744-24A. Несколько раз в неделю радиосигнал от этого источника исчезает на 6 ч.

Такой же пульсар, открытый двумя годами ранее, находится примерно в 3 тыс. световых лет от нас. Его период около 1,6 миллисекунды. Оба эти пульсара отличаются тем, что, по-видимому, «пожирают» своих невидимых для нас спутников.

Очевидно, пульсары излучают такое количество энергии, которого хватает на разогрев поверхности звезды-спутника. При этом вещество испаряется с поверхности и вызывает затмение радиоизлучения пульсара. Масса же спутника постепенно уменьшается.

Период колебаний излучения вновь открытого пульсара указывает на то, что он находится на более ранней стадии развития, чем первый аналогичный объект. Скорее всего его спутник достаточно велик, чтобы пульсар мог временами «выхватывать» из него большое количество газа, которое затем в виде облака начинает независимо обращаться вокруг пульсара и временами перекрывает собой его излучение. Такое газовое облако, приближаясь к пульсару, вторгается в его магнитное поле, что вызывает вспышки рентгеновского излучения.

ЧТО ТАКОЕ ЧЁРНАЯ ДЫРА

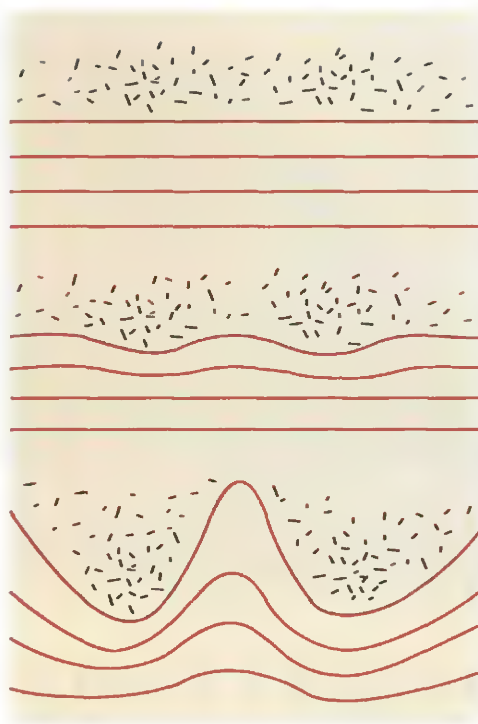
Вероятно, во Вселенной встречаются ещё более загадочные объекты, чем нейтронные звёзды. Что произойдёт, если масса звезды будет настолько велика, что даже образование нейтронной звезды не остановит гравитационного коллапса? Ещё в XVIII в. учёные высказывали предположения о возможности существования во Вселенной тел с огромной силой тяготения, которые притягивают даже испущенный ими самими свет. После создания Эйнштейном общей теории относительности было построено подробное описание таких объектов, названных *чёрными дырами*.

Чёрные дыры образуются в результате коллапса гигантских звёзд массой более трёх масс Солнца. При сжатии их гравитационное поле уплотняется всё сильнее и сильнее. Наконец звезда сжимается до такой степени, что свет уже не может преодолеть её притяжения. Радиус, до которого должна сжаться звезда, чтобы превратиться в



в процессе формирования звезды условие «вмороженности» магнитного поля в вещество должно нарушаться. Это происходит тогда, когда из-за охлаждения газа концентрация заряженных частиц в нём резко уменьшается, так что отношение числа ионизованных частиц к нейтральным (так называемая степень ионизации) падает до очень малых значений (10^{-11}—10^{-12}). В результате электрическая проводимость газа снижается и магнитное поле перестаёт сдерживать сжатие. Газовые уплотнения превращаются в звёзды.

Через линии магнитной индукции ещё долго сохраняется связь сжимающегося облака с окружающим его веществом, что имеет большое значение при образовании вокруг зарождающихся звёзд газовых дисков. Звёзды типа Солнца посредством магнитного поля способны передать диску практически весь момент количества движения. Из диска могут сформироваться планеты, как это произошло в Солнечной системе, и тогда окажется, что центральная звезда затормозила своё вращение, зато планеты за счёт этого приобрели очень большой момент количества движения. Так, в Солнечной системе все планеты, вместе взятые, обладают всего 0,1% от массы Солнца, но при этом 98% момента количества движения приходится на их орбитальное движение и только 2% — на вращение Солнца. По-видимому, именно магнитное поле ответственно за такое распределение.



Развитие неоднородности в галактическом магнитном поле. Красным показаны магнитные силовые линии, поперёк которых действует гравитационное поле.

Таким образом, магнитное поле в межзвёздном пространстве и его связь с газом играют важную роль в сложном процессе образования звёзд и планет.





БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Немецкий астроном Фридрих Вильгельм Бессель в течение ряда лет наблюдал собственные движения на небе двух ярких звёзд — Сириуса и Проциона — и в 1844 г. установил, что обе они движутся не по прямым, а по характерным волнистым траекториям. Открытие натолкнуло учёного на мысль, что каждая из этих звёзд обладает невидимым для нас спутником, т. е. является физически двойной звёздной системой.

Предположение Бесселя вскоре подтвердилось. Американский оптик-шлифовальщик Алван Кларк 31 января 1862 г. при испытании только что изготовленного объектива диаметром 46 см открыл спутник Сириуса. Позднее, в 1896 г., был обнаружен и спутник Проциона. Через некоторое время на основании уже непосредственных телескопических наблюдений взаимного обращения этих звёзд и их спутников астрономам удалось (с помощью закона всемирного тяготения) найти массы каждого из светил. Главные звёзды, названные теперь Сириусом А и Проционом А, оказались массивнее Солнца соответственно в 2,3 и 1,8 раза, а массы их спутников — Сириуса В и Проциона В — составляют 0,98 и 0,65 солнечных масс.



Но Солнце, практически равное по массе Сириусу В, сияло бы с его расстояния почти так же ярко, как Полярная звезда. Так почему же Сириус В в течение 18 лет считался «невидимым спутником»? Может быть, из-за малого углового расстояния между ним и Сириусом А? Не только. Как потом выяснилось, он заведомо недоступен невооружённому глазу из-за своей низкой светимости, в 400 раз уступающей светимости Солнца. Правда, в самом начале XX в. это открытие не показалось особенно странным, так как звёзд малой светимости было известно достаточно много, а связь массы звезды с её светимостью ещё не была установлена. Лишь когда были получены спектры излучения Сириуса В и Проциона В, а также измерены их температуры, стала очевидной «аномальность» этих звёзд.

О ЧЁМ ГОВОРИТ ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ЗВЁЗД

В физике есть такое понятие — *абсолютно чёрное тело*. Нет, это не синоним чёрной дыры — в отличие от неё абсолютно чёрное тело может ослепительно сиять! Абсолютно чёрным оно называется потому, что, по определению, поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение. Теория утверждает, что полный световой поток (во всём диапазоне длин волн) с единицы поверхности абсолютно чёрного тела не зависит ни от его строения, ни от химического состава, а определяется только температурой. Согласно закону Стефана—Больцмана, светимость его пропорциональна четвёртой степени температуры. Абсолютно чёрное тело, как и идеальный газ, — это лишь физическая модель, никогда строго не реализующаяся на практике. Однако спектральный состав света звёзд в видимой области спектра довольно близок к «чернотельному». Поэтому можно считать, что модель абсолютно чёрного тела в целом верно описывает излучение реальной звезды.

Эффективной температурой звезды называется температура абсолютно чёрного тела, излучающего одинаковое с ней количество энергии с единицы поверхности. Она, вообще говоря, не равна температуре фотосферы звезды. И тем не менее это объективная характеристика, которую можно использовать для оценки других характеристик звезды: светимости, размеров и т. д.

В 10-е гг. XX столетия американский астроном Уолтер Адамс предпринял попытку определить эффективную температуру Сириуса В. Она составила 8000 К, а позднее выяснилось, что астроном ошибся и на самом



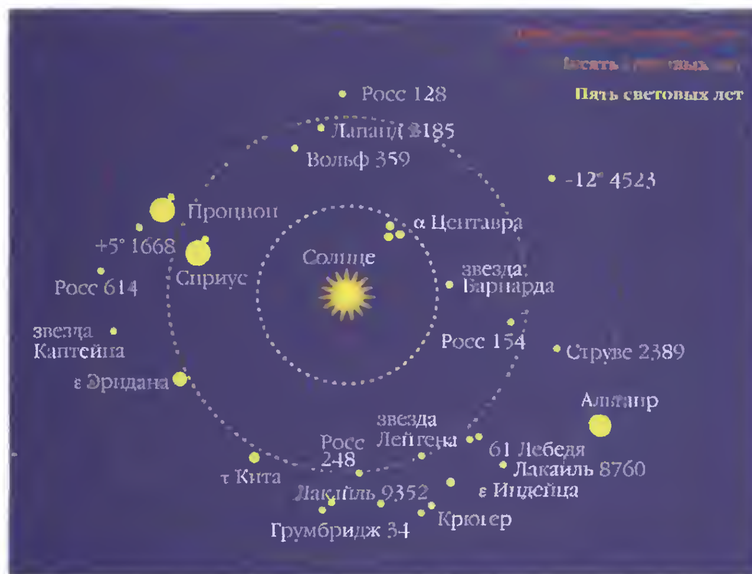
кого минимального объёма Галактики, в котором доступными современной астрономии средствами можно наблюдать и изучать достаточно большое число звёзд самых различных типов, в том числе звёзд очень низкой светимости. Как показывает практика, таким объёмом является объём шара радиусом около 20 пк. С такого расстояния Солнце выглядело бы как слабая звёздочка, едва видимая невооружённым глазом. Этот «шар» и принято условно называть окрестностями Солнца. Он содержит около полутора тысяч звёзд различных типов.

В настоящее время в окрестностях Солнца исследованы все или почти все звёзды, за исключением совсем карликовых, излучающих очень мало света. Их изучают на меньших расстояниях: примерно до 5 пк от Солнца. Этот объём именуется *непосредственными окрестностями Солнца*, и уж в нём мы видим абсолютно все звёзды — их около сотни.

Чтобы выявить наших близких соседей, нужно определить расстояния до звёзд, а это очень трудоёмкий процесс. Уже около 150 лет расстояния до звёзд вычисляют по их видимому смещению на небесной сфере (параллаксу), возникающему в результате орбитального движения Земли вокруг Солнца. Чем дальше звезда, тем меньше она «откликается» на движение Земли.

Поскольку для определения параллакса требуется измерять положения небесных светил с помощью очень точных инструментов в течение длительного периода времени, доля звёзд с известными параллаксами невелика. К примеру, сейчас астрономами паспортизовано (т. е. рассчитаны координаты на небесной сфере и присвоено имя или номер) около 15 млн звёзд. В то же время прямые (геометрические) оценки расстояний за всю историю наземных измерений были получены всего лишь примерно для 10 тыс. звёзд. Большинство из них не настолько близки, чтобы считаться соседями Солнца.

Вообще задача поиска близких звёзд сродни работе золотоискателей: надо промыть тонны золотоносного песка, чтобы добыть грамм золота. Из-за трудоёмкости прямых методов определения расстояний до звёзд астрономы часто прибегают к косвенным методам: кинематическому, *спектральному* или *фотометрическому*. Их суть состоит в выделении звёзд с такими характеристиками (скоростями движения по небу, спектральными особенностями или особенностями цвета), которые указывают на их относительную близость и в то же время измеряются проще, чем геометрические параллаксы.



Звёзды, расстояния которых от Солнца не превышают 15 световых лет. На диаграмме они сведены в одну плоскость, поэтому расстояния между ними искажены.



Положение в пространстве близких к Солнцу звёзд, светимость которых примерно равна или больше светимости Солнца.



Белый карлик Сириус B — светлая точка между лучами дифракционного изображения Сириуса.

ускорение силы тяжести на поверхности белых карликов очень велико: порядка 10^5 — 10^6 м/с^2. Вспомним, что на Земле оно составляет 9,8 м/с^2, т. е. в 10 000 — 100 000 раз меньше.

По отождествляемому химическому составу спектры белых карликов подразделяются на две категории: одни с линиями водорода, другие без линий водорода, но с линиями нейтрального либо ионизованного гелия или тяжёлых элементов. «Водородные» карлики подчас имеют существенно более высокую температуру (до 60 000 K и выше), чем «гелиевые» (11 000—20 000 K). На основании этого учёные пришли к выводу, что вещество последних практически лишено водорода.

Кроме того, были открыты белые карлики, спектры которых не поддавались отождествлению с известными науке химическими элементами и соединениями. Позднее у этих звёзд обнаружили магнитные поля, в 1000—100 000 раз более сильные, чем на Солнце. При таких напряжённостях магнитных полей спектры атомов и молекул неузнаваемо искажаются, поэтому их трудно отождествить.

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ — ВЫРОЖДЕННЫЕ ЗВЁЗДЫ

В недрах белых карликов плотность может достигать величин порядка 10^{10} кг/м^3. При таких значениях плотности (и даже при меньших, характерных для внешних слоёв белых карликов) физические свойства газа существенно меняются и законы идеального газа к нему уже неприменимы. В середине 20-х гг. итальянский физик Энрико Ферми разработал теорию, которая описывает свойства газов с плотностями, характерными для белых карликов. Оказалось, что давление такого газа не определяется его температурой. Оно остаётся высоким, даже если вещество остынет до абсолютного нуля! Газ, обладающий такими свойствами, получил название *вырожденного*.

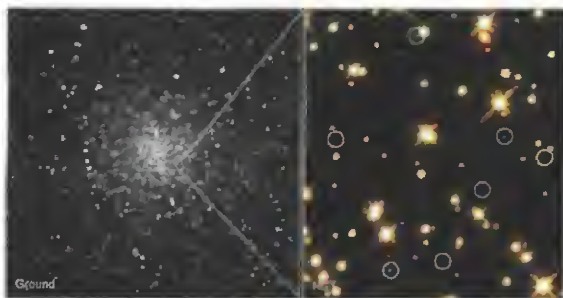
В 1926 г. английский физик Ральф Фаулер с успехом применил теорию вырожденного газа к белым карликам (и только позднее теория Ферми нашла себе многочисленные приложения в «земной» физике). На основании этой теории были сделаны два важных вывода. Во-первых, радиус белого карлика при заданном химическом составе вещества однозначно определяется его массой. Во-вторых, масса белого карлика не может превышать некоторого критического значения, величина которого примерно 1,4 массы Солнца.

Дальнейшие наблюдения и исследования подтвердили эти теоретические предпосылки и позволили сделать окончательный вывод о том, что в недрах белых карликов практически нет водорода. Поскольку теория вырожденного газа хорошо объясняла наблюдаемые свойства белых карликов, их стали называть *вырожденными звёздами*. Следующим этапом стало построение теории их образования.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

В современной теории звёздной эволюции белые карлики рассматриваются как конечный этап эволюции звёзд средней и малой массы (меньше 3—4 масс Солнца).

После того как в центральных областях стареющей звезды выгорит весь водород, её ядро должно сжаться и разогреться. Внешние слои при этом сильно расширяются, эффективная температура светила падает, и оно становится красным гигантом. Образовавшаяся разреженная оболоч-



Белые карлики в шаровом скоплении (отмечены кружками). Снимок Хаббловского космического телескопа.



жизни: жёлтая звезда, похожая на Солнце, — красный гигант — белый карлик. Количественное соотношение звёзд разных типов хорошо согласуется с современной теорией эволюции звёзд.

Статистика околосолнечного населения даёт представление об эволюции галактического диска и Галактики в целом. Например, распределение по светимости (функция светимости) звёзд солнечного типа показывает, что возраст диска 10—13 млрд лет. Анализ химического состава близких звёзд позволяет восстановить историю обогащения галактического диска синтезированными в звёздах химическими элементами, а следовательно, и «биографию» всей Галактики.

Близкие звёзды играют важную роль при разработке и применении косвенных методов определения расстояний. Косвенный метод основан на связи некоторых измеряемых свойств звезды с расстоянием до неё, а выявить эту зависимость и её числовые характеристики можно лишь на тех объектах, расстояния до которых измеряются впрямую, т. е. на ближних звёздах. Когда такая связь установлена, метод можно использовать и для очень далёких звёзд.

СКОПЛЕНИЯ И АССОЦИАЦИИ ЗВЁЗД

Сколько звёзд на небе? На первый взгляд кажется, что ответить на этот вопрос очень трудно. Недаром в течение многих столетий поэты, говоря о звёздах, использовали эпитет «бесчисленные». На самом деле это не так. Пересчитать звёзды довольно просто. При благоприятных условиях наблюдений, т. е. в ясную безлунную ночь, человек, обладающий отличным зрением, различает всего около 3 тыс. звёзд. Приблизительно столько же находится под горизонтом. Из этих 6 тыс. звёзд большую часть составляют слабые, едва видимые глазом. Яркие же звёзды немногочисленны и выделяются на общем фоне.

Наши предки для того, чтобы легче ориентироваться в звёздном небе, объединили звёзды в группы — созвездия. В причудливых сочетаниях звёзд им виделись очертания людей и животных, мифических чудовищ и предметов домашнего обихода. Созвездия включают звёзды, находящиеся примерно в одном направлении от нас. Но расстояния до них могут быть весьма различны. А существуют ли в действительности физические группировки звёзд, связанных между собой какими-либо общими свойствами?

Ещё древние греки подозревали, что звёзды удалены от нас на разные расстояния. В XVIII в. учёные уже не сомневались в этом. Во времена Исаака Ньютона астрономы полагали, что звёзды однородно распределены по всей безграничной Вселенной. Наблюдения Уильяма Гершеля опровергли это мнение. При помощи самого большого для того времени телескопа Гершель занялся изучением распределения слабых звёзд на небе. Кропотливый подсчёт числа звёзд показал, что они разбросаны по небу очень неравномерно. Многие из них собраны в тесные группы; Гершель называл их «звёздными кучами», или *скоплениями*.

Участок Млечного Пути.







МЕЖДУ ЗВЁЗД

МЕЖЗВЁЗДНАЯ СРЕДА

Пространство между звёздами, за исключением отдельных туманностей, выглядит пустым. На самом же деле всё межзвёздное пространство заполнено веществом. К такому заключению учёные пришли после того, как в начале XX в. швейцарский астроном Роберт Трюмплер открыл поглощение (ослабление) света звёзд на пути к земному наблюдателю. Причём степень его ослабления зависит от цвета звезды. Свет от голубых звёзд поглощается более интенсивно, чем от красных. Таким образом, если звезда излучает в голубых и красных лучах одинаковое количество энергии, то в результате поглощения света голубые лучи ослабляются сильнее красных и с Земли звезда кажется красноватой.

Вещество, поглощающее свет, распределено в пространстве не равномерно, а имеет клочковатую структуру и концентрируется к Млечному Пути. Тёмные туманности, такие, как Угольный Мешок и Конская Голова, являются местом повышенной плотности поглощающего межзвёздного вещества. А состоит оно из мельчайших частиц — пылинок. Физические свойства пылинок к настоящему времени изучены достаточно хорошо.

Помимо пыли между звёздами имеется большое количество невидимого холодного газа. Масса его почти в сто раз превосходит массу пыли. Как же стало известно о существовании этого газа? Оказалось, что атомы водорода излучают радиоволны с длиной волны 21 см. Бóльшую часть информации о межзвёздном веществе получают с помощью радиотелескопов. Так были открыты облака атомарного нейтрального водорода.

Типичное облако атомарного нейтрального водорода имеет температуру около 70 K (—200 °C) и невысокую плотность (несколько десятков атомов в кубическом сантиметре пространства). Хотя такая среда и считается облаком, для землянина это глубокий вакуум, в миллиард раз разреженнее, чем вакуум, создаваемый, например, в кинескопе телевизора. Размеры облаков водорода — от 10 до 100 пк (для сравнения: звёзды в сред-



Более подробные исследования обнаружили, что различия между шаровыми и рассеянными скоплениями не ограничиваются внешним видом, количеством звёзд и степенью их скученности. Они распространяются также на химический состав, положение в Галактике, возраст и типы звёзд, входящих в скопление.

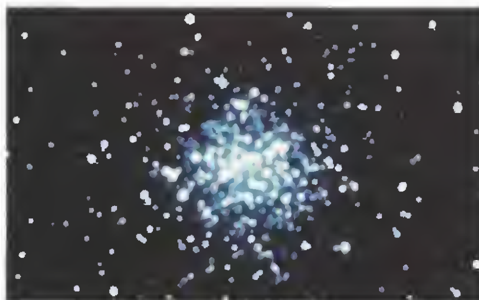
ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ

В небольшой телескоп шаровые скопления выглядят как очень тесные группы звёзд. Все они имеют ярко выраженную сферическую или слегка сплюснутую форму, звёзды в них сильно концентрируются к центру, сливаясь в одно светлое пятно. Только наблюдения с очень высоким угловым разрешением, например на Хаббловском космическом телескопе, позволяют рассмотреть отдельные звёздочки вплоть до самого центра. Крупнейшие скопления содержат свыше миллиона звёзд. Количество звёзд в кубическом парсеке в центрах шаровых скоплений изменяется от нескольких сот до десятков тысяч. Заметим, что в окрестностях Солнца одна звезда приходится на объём более кубического парсека. Диаметры шаровых скоплений составляют от 20 до 100 пк.

Шаровые скопления — старейшие объекты нашей Галактики: они образовались одновременно с ней. Когда возраст скоплений был ещё невелик, в них входили очень разные по массе звёзды. Самые лёгкие были в несколько раз менее массивны, чем Солнце, а масса наиболее тяжёлых превышала солнечную в десятки раз. В массивных звёздах все процессы идут интенсивнее, чем в лёгких, они быстро растрачивают свой запас энергии и «умирают». Поэтому сейчас в шаровых скоплениях присутствуют лишь маломассивные звёзды, да и из них большинство находится на поздних стадиях своей эволюции. Когда и они погаснут, в скоплениях останутся только самые маленькие звёзды, которые живут очень долго. Зная, сколько в скоплении звёзд с различной массой, можно определить, как давно оно возникло. Возраст шаровых скоплений, оценённый таким образом, превышает 12 млрд лет.

Массивные звёзды, бывшие когда-то членами этих звёздных систем, не пропали бесследно. После них остались белые карлики, нейтронные звёзды и, возможно, чёрные дыры. Чаще всего они обнаруживают себя по гравитационному взаимодействию с другими членами скопления. Результатами такого взаимодействия являются наблюдающиеся в шаровых скоплениях вспышки новых звёзд, пульсирующие рентгеновские и радиоисточники — пульсары.

Старые звёзды часто теряют устойчивость и начинают регулярно менять свою яркость — становятся переменными. Подобных звёзд — цефеид — в шаровых скоплениях открыто очень много. Оказалось, что по периоду изменения блеска такой звезды можно вычислить расстояние до неё. Измерения периодов цефеид в шаровых



Шаровое звёздное скопление. Изображения звёзд в центре сливаются, но это следствие оптических эффектов при фотографировании. На самом деле, несмотря на значительную пространственную концентрацию звёзд в скоплении, они не только не соприкасаются, но и практически никогда не сталкиваются друг с другом.



Шаровое звёздное скопление М 13 в созвездии Геркулеса.





▲ Светлая эмиссионная туманность.



▶▶ Эмиссионная туманность Орёл.



Эмиссионная туманность в созвездии Ориона.

Магнитные поля связаны с облаками межзвёздного газа и движутся вместе с ними. Эти поля примерно в 100 тыс. раз слабее магнитного поля Земли. Межзвёздные магнитные поля способствуют образованию наиболее плотных и холодных облаков газа, из которых конденсируются звёзды. Частицы космических лучей также реагируют на межзвёздное магнитное поле: они перемещаются вдоль его силовых линий по спиральным траекториям, как бы навиваясь на них. При этом электроны, входящие в состав космических лучей, излучают радиоволны. Это так называемое синхротронное излучение рождается в межзвёздном пространстве и уверенно наблюдается в радиодиапазоне.

ГАЗОВЫЕ ТУМАННОСТИ

Наблюдения с помощью телескопов позволили обнаружить на небе большое количество слабосветящихся пятен — светлых туманностей. Систематическое изучение туманностей начал в XVIII в. Уильям Гершель. Он разделял их на белые и зеленоватые. Подавляющее большинство белых туманностей образовано множеством звёзд — это звёздные скопления и галактики, а некоторые оказались связанными с межзвёздной пылью, которая отражает свет близко расположенных звёзд, — это отражательные туманности. Как правило, в центре такой туманности видна яркая звезда. А вот зеленоватые туманности — не что иное, как свечение межзвёздного газа.

Самая яркая на небе газовая туманность — Большая туманность Ориона. Она видна в бинокль, а при хорошем зрении её можно заметить и невооружённым глазом — чуть ниже трёх звёзд, расположенных в одну линию, которые образуют Пояс Ориона. Расстояние до этой туманности около 1000 световых лет.



но на одинаковом расстоянии от нас, движутся в одном и том же направлении, скорее всего они действительно связаны в одну систему. Всего сейчас обнаружено более 1200 рассеянных скоплений. Самые известные среди них — Плеяды и Гиады в созвездии Тельца. Из-за многочисленности рассеянных скоплений в Галактике некоторые оказались довольно близко к Солнцу, например, до скопления Гиады всего 40 пк.

Как правило, рассеянное скопление состоит из нескольких сот или тысяч звёзд, наиболее богатые содержат около 10 тыс. членов. Масса рассеянных скоплений невелика, и их гравитационное поле не в состоянии долго противодействовать разрушению скоплений. Просуществовав около миллиарда лет, они растворяются в океане Галактики. В самых молодых скоплениях звёзды ещё продолжают рождаться у нас на глазах. Вокруг многих звёзд видны остатки тех газовых облаков, из которых они возникли.

В рассеянных скоплениях много массивных, очень ярких звёзд, переменных и вспыхивающих звёзд различных видов, звёзд с необычным химическим составом. В среднем содержание различных элементов в скоплениях близко к солнечному. Но оно может сильно отличаться у разных скоплений. Кроме того, наблюдения указывают на возможную зависимость химического состава рассеянных скоплений от расстояния до центра Галактики: чем ближе скопление к центру, тем больше в нём тяжёлых элементов.

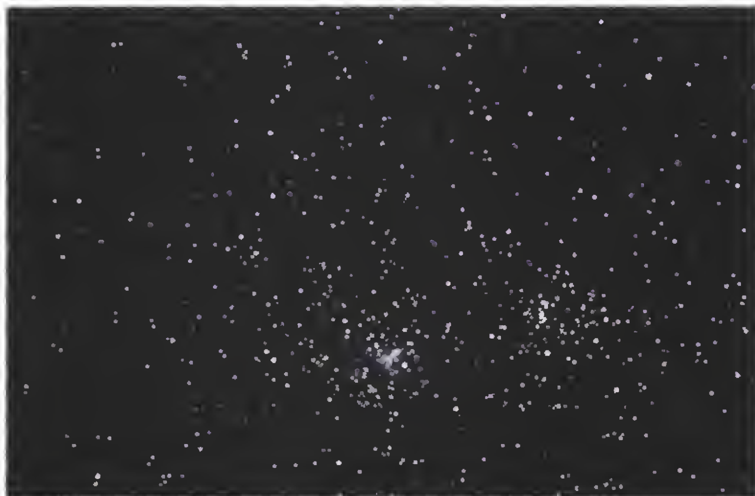
АССОЦИАЦИИ

Помимо рассеянных скоплений хорошо изучен ещё один тип группировок молодых звёзд, объединённых общим образованием. Это — звёздные ассоциации. Они более разреженны, чем скопления, и превосходят последние по размерам: типичная их протяжённость 200—300 световых лет. В ассоциации может содержаться от нескольких до нескольких десятков горячих голубых звёзд высокой светимости, довольно редко встречающихся в природе из-за своей относительно короткой жизни. Некоторые звёзды в ассоциациях настолько молоды, что ещё не сформировались окончательно.

Ассоциации, как правило, связаны с массивными облаками холодного молекулярного газа, из которого и возникают звёзды. Образовавшиеся массивные звёзды своим мощным излучением и потоками истекающего из них газа сообщают межзвёздной среде большую энергию, нагревая окружающий газ и выметая его из ассоциации. В результате звёздная груп-



▲▲ Рассеянное звёздное скопление Плеяды в созвездии Тельца. Эти звёзды образовались из одной газопылевой туманности около 100 млн лет назад.



▲ Рассеянные звёздные скопления χ и h Персея.





Отражательная туманность B 26 в созвездии Ориона.

Планетарная туманность сложной формы NGC 6543.



будет выделяться энергия. Она излучается в виде порции (кванта) света определённого цвета, соответствующего данной энергии.

Итак, для того чтобы газ излучал, необходимо ионизовать атомы, из которых он состоит. Это может произойти в результате столкновений с другими атомами, но чаще ионизация возникает, когда атомы газа поглощают кванты ультрафиолетового излучения, например от ближайшей звезды.

Если вблизи облака нейтрального водорода вспыхнет голубая горячая звезда, то при условии, что облако достаточно большое и массивное, почти все ультрафиолетовые кванты от звезды поглотятся атомами облака. Вокруг звезды складывается область ионизованного водорода. Освободившиеся электроны образуют электронный газ температурой около 10 тыс. градусов. Обратный процесс рекомбинации, когда свободный электрон захватывается протоном, сопровождается переизлучением освободившейся энергии в виде квантов света.

Свет излучается не только водородом. Как считалось в XIX в., цвет зеленоватых туманностей определяется излучением некоего «небесного» химического элемента, который назвали небулием (от *лат.* nebula — «туманность»). Но впоследствии выяснилось, что зелёным цветом светится кислород. Часть энергии движения частиц электронного газа расходуется на возбуждение атомов кислорода, т. е. на перевод электрона в атоме на более далёкую от ядра орбиту. При возвращении электрона на устойчивую орбиту атом кислорода должен испустить квант зелёного света. В земных условиях он не успевает этого сделать: плотность газа слишком высока и частые столкновения «разряжают» возбуждённый атом. А в крайне разреженной межзвёздной среде от одного столкновения до другого проходит достаточно много времени, чтобы электрон успел совершить этот запрещённый переход и атом кислорода послал в пространство квант зелёного света. Аналогичным образом возникает излучение



МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ — НАША ЗВЁЗДНАЯ СИСТЕМА
(Первое описание)

Если мы представим себе плоскость, проведённую через звёздное пространство в безграничную даль, и предположим, что все звёзды и звёздные скопления относятся к этой плоскости таким образом, что их местоположение должно быть ближе к ней, чем к другим областям, то глаз, находящийся в той же плоскости, бросая взгляд на звёздное поле, увидит на небосводе наиболее плотное их скопление в направлении этой плоскости в виде довольно сильно светящегося пояса. В этом поясе будет бесчисленное множество звёзд, которые ввиду их кажущейся густоты дадут ровное беловатое мерцание — одним словом, представят нам Млечный Путь.

Мы можем с полным основанием предположить, что все солнца Млечного Пути, к числу которых принадлежит и наше, образуют систему мира, устроенную в большом масштабе по законам, подобным тем, по которым наш планетный мир устроен в малом масштабе. Все эти солнца вместе с их спутниками имеют один для всех их орбит центр, и только из-за неизмеримо огромных расстояний и длительного времени их обращения кажется, будто они совершенно не меняют своих мест, хотя известное перемещение некоторых из них действительно наблюдалось. Пути этих громадных небесных тел равным образом проходят около одной общей плоскости, от которой они не намного отклоняются, а те из звёзд, что видны вне Млечного Пути и гораздо менее скучены, похожи в своём движении на кометы нашего планетного мира.

Для того, чтобы лучше понять характер всеобщей связи, господствующей в Мироздании, попытаемся уяснить причину, которая заставляет звёзды располагаться в одной плоскости. Притягательная сила Солнца воздействует не только на узкий круг планетного мира и комет. В результате непрестанного и беспрепятственного взаимного сближения все мировые системы рано или поздно образовали бы единую массу, если только эта гибель не предотвращалась бы, как и в нашей планетной системе, действием центробежных сил. Отклоняя небесные тела от прямолинейного падения, эти силы в сочетании с силами притяжения заставляют их вечно двигаться по кругу, благодаря чему Мироздание предохранено от разрушения и способно существовать вечно.

Если система звёзд, расположенных в одной плоскости, как в Млечном Пути, рассматривается наблюдателем, находящимся вне его, с необозримо далёкого расстояния, то под малым углом зрения эта звёздная система представится глазу в виде слабо светящегося пятнышка — совершенно круглой формы, когда её плоскость обращена прямо к глазу, и эллиптической, когда её рассматривают сбоку. Слабость света, форма и заметная величина диаметра будут резко отличать такой объект. И такого вида пятна астрономия открыла уже давно, хотя мнения, которые астрономы составили себе о них, весьма различны.

Тот, кто рассматривает различные области природы целенаправленно и планомерно, открывает такие свойства, которые остаются незамеченными и скрытыми, когда наблюдения ведутся беспорядочно и бессистемно.

(По книге Иммануила Канта «Всеобщая естественная история и теория неба». 1755 г.)

она весьма неточна. Дело в том, что кроме звёзд в состав диска Галактики входят также многочисленные газопылевые облака, которые ослабляют свет удалённых звёзд. Первые исследователи Галактики не знали об этом поглощающем веществе и считали, что они видят все её звёзды.

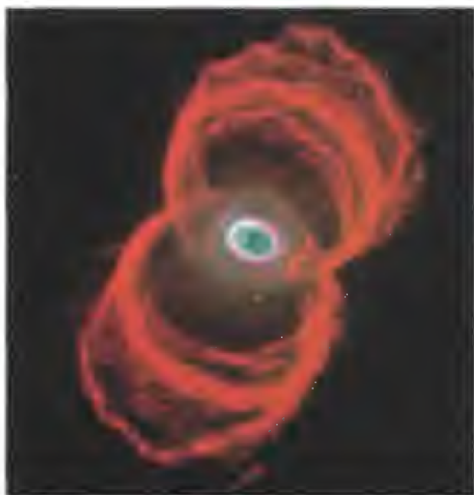
Истинные размеры Галактики были установлены только в XX в. Оказалось, что она является значительно более плоским образованием, чем предполагали ранее. Диаметр галактического диска превышает 100 тыс. световых лет, а толщина — около 1000 световых лет. По внешнему виду Галактика напоминает чечевичное зерно с утолщением посередине.

Из-за того что Солнечная система находится практически в плоскости



Фотография Млечного Пути. Длинная черта — след пролетевшего в момент съёмки метеора.





Планетарная туманность Песочные Часы показывает, какие сложные процессы могут происходить при сбросе звездой оболочки.



Планетарная туманность Гантель в созвездии Лисички.

Туманность Тройная.



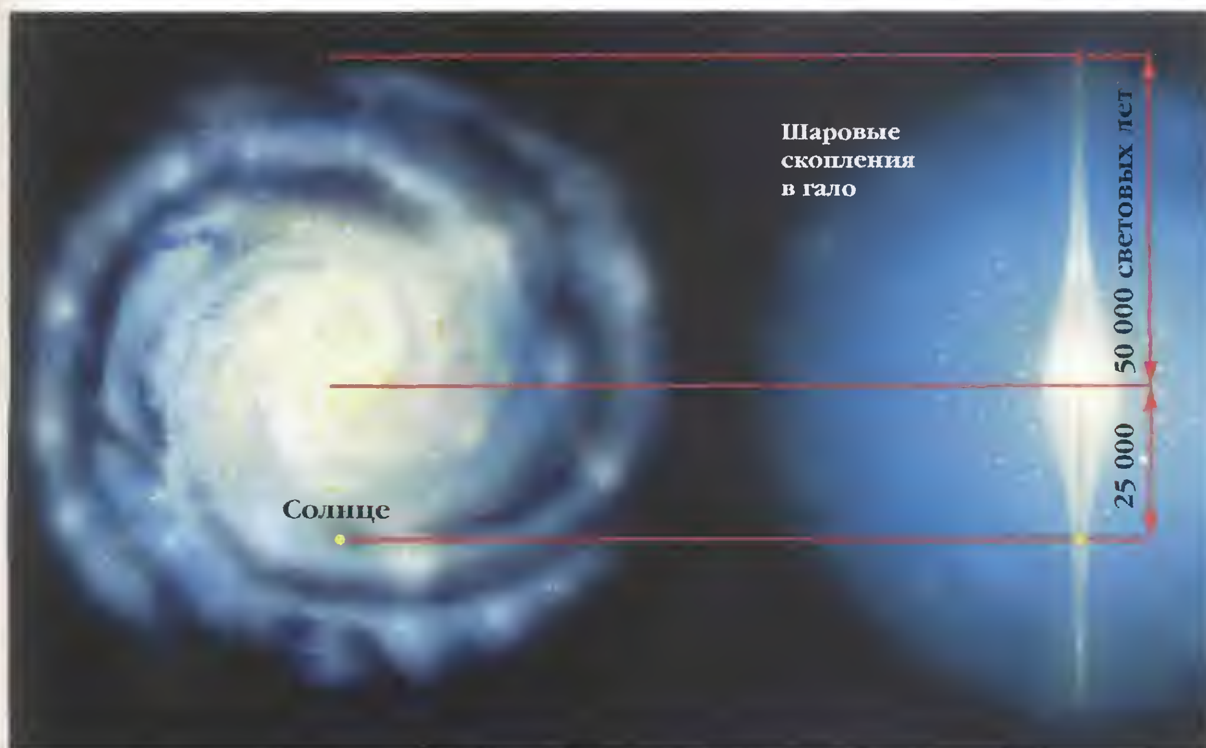


Схема строения нашей Галактики.

звёздного газа, в которых продолжают образовываться звёзды. В спиральных ветвях находится большое количество переменных и вспыхивающих звёзд, в них чаще всего наблюдаются взрывы некоторых типов сверхновых. В отличие от гало, где какие-либо проявления звёздной активности чрезвычайно редки, в ветвях продолжается бурная жизнь, связанная с непрерывным переходом вещества из межзвёздного пространства в звёзды и обратно. Галактическое магнитное поле, пронизывающее весь газовый диск, также сосредоточено главным образом в спиралях.

Спиральные рукава Млечного Пути в значительной степени скрыты от нас поглощающей материей. Подробное их исследование началось после появления радиотелескопов. Они позволили изучать структуру Галактики по наблюдениям радиоизлучения атомов межзвёздного водорода, концентрирующегося вдоль длинных спиралей. По современным представлениям, спиральные рукава связаны с волнами сжатия, распространяющимися по диску галактики. Проходя через области сжатия, вещество диска уплотняется, а образование звёзд из газа становится более интенсивным. Причины возникновения в дисках спиральных галактик такой своеобразной волновой структуры не вполне ясны. Над этой проблемой работают многие астрофизики.

МЕСТО СОЛНЦА В ГАЛАКТИКЕ

В окрестностях Солнца удаётся проследить участки двух спиральных ветвей, удалённых от нас примерно на 3 тыс. световых лет. По созвездиям, где обнаруживаются эти участки, их называют рукавом Стрельца и рукавом Персея. Солнце находится почти посередине между этими спиральными ветвями. Правда, сравнительно близко (по галактическим меркам) от нас, в созвездии Ориона, проходит ещё одна, не столь явно выраженная





Млечный Путь в созвездии Стрельца.



Туманности в созвездии Жертвенника.

словами, расстояние между пылинками измеряется десятками метров. Масса же пыли в Галактике составляет приблизительно одну сотую от массы газа и одну десятитысячную от полной массы Галактики. Однако этого количества пыли достаточно для того, чтобы значительно ослаблять свет.

Сильнее всего поглощаются синие лучи. При переходе к красным и инфракрасным лучам поглощение постепенно ослабевает. Но свет некоторых избранных цветов поглощается сильнее других. Это связано с тем, что отдельные вещества особенно эффективно поглощают излучение с определёнными длинами волн. Исследование свойств поглощения света на различных длинах волн показало, что в состав межзвёздных пылинок входят соединения углерода, кремния, замёрзшие газы, водяной лёд, а также различные органические вещества.

Изучать свойства космической пыли помогает поляризация света. Свет представляет собой колебания электромагнитного поля — электромагнитные волны. В обычном излучении звёзд имеются волны, колеблющиеся во всех направлениях. Когда поток света встречает на своём пути сферическую пылинку, все эти волны поглощаются одинаково. Но если пылинка вытянута вдоль одной оси, то колебания, параллельные этой оси, поглощаются сильнее, чем перпендикулярные. В потоке света, прошедшем через облако вытянутых, одинаково ориентированных пылинок, присутствуют уже не все направления колебаний, т. е. излучение становится поляризованным. Измерение степени поляризации света звёзд позволяет судить о форме и размерах пылевых частиц. А иногда по типу поляризации можно определить и электрические свойства межзвёздной пыли.

Сопоставление наблюдательных данных показало, что межзвёздная пыль состоит из двух видов частиц: графитовых (углеродных) и силикатных (т. е. содержащих соединения кремния). Размеры пылинок неодинаковы, причём мелких частиц значительно больше, чем крупных. В це-





ЗВЁЗДНЫЕ ОСТРОВА

МНОГООБРАЗИЕ ГАЛАКТИК

Галактики — это большие звёздные системы, в которых звёзды связаны друг с другом силами гравитации. Существуют галактики, включающие триллионы звёзд. Наша Галактика — Млечный Путь — также достаточно велика: в ней более 200 млрд звёзд. Самые маленькие галактики содержат звёзд в миллион раз меньше и скорее напоминают находящиеся в Млечном Пути шаровые скопления, только значительно больше по размерам. Помимо обычных звёзд галактики включают в себя межзвёздный газ, пыль, а также различные «экзотические» объекты: белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры. Газ в галактиках не только рассеян между звёздами, но и образует громадные облака (массой до миллиона масс Солнца), яркие туманности вокруг горячих звёзд, плотные и холодные газопылевые туманности. Большие звёздные системы имеют массы в сотни миллиардов масс Солнца. Наименьшие из карликовых галактик «весят» всего лишь в 100 тыс. раз больше Солнца. Таким образом, интервал масс у галактик значительно шире, чем у звёзд: самые «тяжёлые» и самые «лёгкие» звёзды различаются по массе менее чем в 1000 раз.

Внешний вид и структура звёздных систем также весьма различны, и в соответствии с этим галактики делятся на *морфологические типы*.

Ближайшими к нам и самыми яркими на небе галактиками являются Магеллановы Облака. Они выглядят как два туманных облачка, подобно двум оторвавшимся кусочкам Млечного Пути. К сожалению, в Северном полушарии их не видно. Но морякам, плававшим в южных морях, издавна были известны два небольших «облака», которые серебристо светятся в хорошую погоду на ночном небе. Самым удивительным казалось то, что облака не меняли своего расположения относительно звёзд, они были словно приклеены к небу. В XV в. моряки называли их Капскими Облаками. Южный полюс мира, в отличие от северного, труднее найти на небе, так как рядом с ним нет таких ярких и приметных звёзд, как Полярная.



КРУГОВОРОТ ГАЗА И ПЫЛИ ВО ВСЕЛЕННОЙ

В межзвёздном пространстве газ и вместе с ним пыль распределены крайне неравномерно, концентрируясь в облака и сверхоблака. Размеры сверхоблаков — несколько сот парсек, а типичная масса — несколько миллионов масс Солнца. В основном это протяжённые области атомарного нейтрального водорода. В них вкраплены более плотные гигантские молекулярные облака, где сосредоточен практически весь молекулярный газ, т. е. около половины всего межзвёздного газа в Галактике (2 млрд масс Солнца).

Межзвёздный газ служит материалом, из которого формируются новые звёзды. В газовом облаке под действием сил тяготения образуются плотные сгустки — зародыши будущих звёзд. Сгусток продолжает сжиматься до тех пор, пока в его центре температура и плотность не повысятся до такой степени, что начинаются термоядерные реакции превращения водорода в гелий. С этого момента сгусток газа становится звездой.

Межзвёздная пыль также принимает активное участие в процессе образования звёзд. Пыль способствует более быстрому остыванию газа. Она поглощает энергию, выделяющуюся при коллапсе (сжатии) протозвёздного облака, переизлучает её в других спектральных диапазонах, существенно влияя на обмен энергией между рождающейся звездой и окружающим пространством. От характера такого обмена, т. е. от свойств и количества пыли в облаке, зависит, образуется ли из него одна звезда или несколько и какова будет их масса.

Если в какой-либо части плотного молекулярного облака образовались звёзды, то их воздействие на газ может ускорить конденсацию соседних газовых облаков и вызвать формирование звёзд в них, — протекает цепная реакция звёздообразования. Звёздообразование в молекулярных облаках можно сравнить с пожаром. Оно начинается в одной части облака и постепенно перекидывается на другие его части, на примыкающие облака, пожирая межзвёздный газ и превращая его в звёзды.

Рано или поздно весь водород в центре звезды «сгорает», превращаясь в гелий. Как только ядерные реакции горения водорода затухают, ядро звезды начинает сжиматься, а внешние слои — расширяться. На определённой стадии эволюции звезда сбрасывает свою внешнюю оболочку или даже взрывается как сверхновая, возвращая в межзвёздную среду газ, затраченный на её формирование.

Разлетающаяся оболочка сгребает межзвёздный газ и повышает его температуру до сотен тысяч градусов. Охлаждаясь, этот газ образует волокнистые туманности, которые расширяются со скоростью сотни километров в секунду. Через сотни тысяч лет остаток этого вещества тормозится и рассеивается в межзвёздной среде, а со временем опять может войти в состав какой-либо молодой звезды.

В результате термоядерных реакций в недрах массивной звезды образуется не только гелий, но и другие химические элементы. Вме-



Туманность и звёзды. Рисунок.



ТУМАННОСТЬ АНДРОМЕДЫ

Жители средних широт Северного полушария лишены возможности любоваться Магеллановыми Облаками — нашими ближайшими соседями в мире галактик. Однако они могут наблюдать не менее интересный и значительно более грандиозный объект — туманность Андромеды. В ясную ночь невдалеке от звезды γ Андромеды она видна как небольшое светлое облачко.

Первое из дошедших до нас упоминаний об этой туманности встречается в трудах арабского астронома X в. ас-Суфи. В своей рукописи, которая содержит подробное описание звёздного неба, он упомянул несколько раз «маленькое облачко», служащее хорошим ориентиром на небе, и даже изобразил его на рисунке. Вряд ли ас-Суфи был первооткрывателем туманности Андромеды. В его сочинении она фигурирует как уже известный небесный объект.

С появлением телескопов произошло новое «открытие» туманности Андромеды. В 1618 г. её обнаружил немецкий учёный Симон Марий, один из первых астрономов, начавших наблюдения со зрительной трубой. С конца XVII в. туманность стала объектом постоянных наблюдений.

В XVIII в. великий английский астроном Уильям Гершель занялся серьёзным изучением туманностей. Многие из наблюдаемых светил и туманных пятен оказались звёздными скоплениями — шаровыми или рассеянными. В число этих скоплений Гершель включил и туманность Андромеды, хотя в свой телескоп он не мог разглядеть в ней даже самые яркие звёзды. Позже Гершель счёл природу этой туманности «сомнительной и таинственной». Тем не менее преждевременный вывод учёного оказался правильным! В конце XIX в., когда в астрономии начала применяться фотография и были созданы крупные телескопы, в туманности Андромеды действительно удалось увидеть наиболее яркие звёзды.

С начала XX в. неоднократно предпринимались попытки определить расстояние до туманности Андромеды. Разные методы давали различные результаты. Некоторые астрономы полагали, что они измерили параллакс звёзд туманности, а значит, расстояние до неё сравнительно невелико и она принадлежит нашей Галактике. Другие учёные опровергали этот факт. Решающее слово было сказано американским астрономом Эдвином Хабблом. Он открыл в туманности Андромеды переменные звёзды-цефеиды и, сравнив их с уже изученными цефеидами нашей Галактики, пришёл к выводу, что туманность Андромеды — внегалактический объект. Метод определения расстояний с помощью цефеид, применённый Хабблом, до сих пор остаётся одним из самых точных и надёжных (см. статью «Переменные звёзды»). С 20-х гг. XX в. началось серьёзное изучение туманности Андромеды как самостоятельной галактики.

Туманное пятнышко в созвездии Андромеды сегодня предстаёт перед наблюдателем таким, каким оно было 2 млн лет назад: именно столько путешествует свет от туманности Андромеды до нас.

Чем же примечательна галактика в созвездии Андромеды? Это крупная спиральная система, размерами и массой примерно в полтора раза превосходящая нашу Галактику — Млечный Путь. Туманность Андромеды и Млечный Путь — крупнейшие объекты так называемой Местной группы галактик. Остальные члены этой группы (а их около 40) значительно уступают им по массе и размерам. Как показали спектральные измерения, расстояние между туманностью Андромеды и нашей Галактикой в настоящее время медленно сокращается. Вероятно, за время жизни Местной группы (12—18 млрд лет) две большие спиральные галактики один или несколько раз уже сближались.

Туманность Андромеды — не самая близкая к нам галактика. Однако это ближайшая звёздная система, похожая по структуре и типу на нашу собственную. Изучать Млечный Путь изнутри мешает сильное поглощение света межзвёздной пылью в плоскости галактического диска. Взгляд же со стороны на туманность Андромеды позволяет лучше понять устройство и нашей звёздной системы.



Туманность Андромеды — ближайшая к нам спиральная галактика. На фотографии также видны две карликовые эллиптические галактики, являющиеся спутниками туманности Андромеды.





Фрагмент туманности Лагуна с пылевыми прожилками. Крупномасштабная съёмка с Хаббловского космического телескопа.



Глобулы. Эти локальные сгущения тёмной материи — плотные облака холодного молекулярного газа и пыли.

войдёт в состав окиси углерода, а избыточный кислород начнёт соединяться с кремнием, образуя молекулы окиси кремния, из которых затем возникают силикатные пылинки.

Структура «новорождённой» пылинки довольно проста. Она однородна по химическому составу и строению. Условия в межоблачной среде таковы, что структура пылинки не может существенно измениться. Иначе обстоит дело в облаках межзвёздного газа, плотность которого достигает тысяч атомов на кубический сантиметр. Низкая температура и высокая плотность обеспечивают необходимые условия для образования на поверхности графитовой или силикатной пылинки мантии из более легкоплавких веществ, таких, как замёрзшие вода, формальдегид и аммиак. Смесь этих соединений часто обозначают одним словом «лёд».

Молекулы льда неустойчивы. Воздействие внешнего излучения и столкновения пылинок друг с другом приводят к преобразованию его в более устойчивые органические соединения, которые обволакивают поверхность пылинки своеобразной плёнкой.

В очень плотных молекулярных облаках, куда не проникает излучение звёзд (из-за той же пыли!), лёд на поверхности пылевых частиц уже не разрушается. Таким образом, в недрах этих облаков пылинки могут иметь трёхслойную структуру: тугоплавкое ядро, оболочка из органических соединений и ледяная мантия. Предполагается, что из таких пылинок, слипшихся в большие комья, состоят ядра комет — реликты, сохранившиеся от тех времён, когда наша Солнечная система сама была плотным непрозрачным облаком.

С помощью больших радиотелескопов учёные обнаружили, что в молекулярных облаках помимо обычных для межзвёздного газа одиночных атомов водорода, гелия и некоторых других химических элементов содержится большое количество достаточно сложных молекул. Молекулы в космическом пространстве образуются в ходе бесчисленных химических реакций. Но главная среди них, без которой все другие были бы невозможны, — образование молекул водорода — эффективно протекает только на поверхности пылинок. Без участия межзвёздной пыли процесс формирования молекулярных облаков и звёзд шёл бы поиному.

Благодаря совершенствованию наблюдательной техники и активному использованию космических телескопов теперь можно наблюдать пыль не только в нашей Галактике, но и в её ближних и дальних соседях, и прежде всего в спиральных галактиках, галактиках с активными ядрами и квазарах. Наблюдения показывают, что свойства пыли во Вселенной мало чем отличаются от свойств пылинок Млечного Пути. В спиральных галактиках пыль, как и у нас, концентрируется вблизи плоскости симметрии этих звёздных систем, перечёркивая яркие изображения галактик узкими тёмными полосами. (Типы и строение галактик описаны в главе «Звёздные острова».)

Ушли в прошлое представления о пыли как только о занавесе, скрывающем многие тайны Вселенной. Теперь ясно, что пыль играет активную роль и участвует как существенный компонент в протекающих во Вселенной физических процессах.

МЕЖЗВЁЗДНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

Первое свидетельство существования межзвёздного магнитного поля было получено итальянским физиком Энрико Ферми и американским учёным Эдвардом Теллером при изучении космических лучей. Космические лучи представляют собой высокоэнергичные заряженные частицы — протоны, электроны, ядра атомов гелия и других элементов, пронизываю-





Морфологическая классификация галактик по Хабблу. Различные типы галактик расположены на схеме таким образом, что относительное содержание в них газа и молодых звёзд увеличивается слева направо.

числом звёзд. Состоят они в основном из старых звёзд небольшой массы, содержат очень мало газа и пыли.

Карликовые сфероидальные галактики во многом похожи на карликовые эллиптические, но гораздо более разрежены. Они образованы старыми водородно-гелиевыми звёздами с очень низким содержанием тяжёлых химических элементов. Последнее обстоятельство накладывает отпечаток на физические свойства этих звёзд: они более горячие, более голубые, и эволюция их протекает несколько иначе, чем у звёзд с «солнечным» химическим составом. Ряд близких карликовых сфероидальных галактик являются спутниками нашей Галактики.

Другие типы карликовых галактик — dIr и dBCG — это небольшие по размерам и массе бесформенные системы, очень богатые газом (в некоторых случаях газа по массе больше, чем звёзд). Основное различие между ними заключается в том, что в dBCG-галактиках часто наблюдается интенсивное звёздообразование и рождается большое число голубых массивных звёзд. Благодаря этому галактики выглядят более яркими, компактными и окрашенными в голубой цвет.

Галактик с хорошо развитыми спиральными ветвями среди карликов не встречается. Скорее всего для образования спиралей нужен массивный звёздный диск. Масса же карликовых галактик недостаточна для этого.

Существует также класс больших спиральных звёздных систем, поверхностная яркость которых намного меньше, чем у нормальных. Необычным в них является низкая плотность звёздного диска: новые звёзды по неясным причинам почти не рождаются в этих галактиках. Их называют *анемичными* (хилыми) или спиральными галактиками *низкой яркости*.

* * *

Подсистемы в галактике (балдж, диск, гало) гравитационно взаимодействуют друг с другом, составляя единое целое. До сих пор галактики «достраивают» себя изнутри, образуя звёзды и звёздные скопления. «Пищей» для этого служит газ. Эллиптические галактики уже давно израсходовали свой запас газа, и молодых звёзд в них нет. В других галактиках, где газ ещё остался, звёзды продолжают рождаться. Возникают они большими группами — звёздообразованием бывают охвачены огромные области размерами до нескольких тысяч световых лет. Наиболее массивные звёзды, быстро пройдя свой жизненный путь, взрываются как сверхновые. Взрывы сверхновых вызывают мощные волны сжатия в окружающей межзвёздной среде, а это в свою



хротронным (см. статью «Радиоастрономия»). Впоследствии гипотеза о релятивистских электронах в межзвёздном пространстве была развита в стройную теорию, объясняющую интенсивность, спектр и другие наблюдательные свойства радиоизлучения, приходящего из межзвёздного пространства.

И нетепловое радиоизлучение, и удержание космических лучей в Галактике говорят о том, что в межзвёздном пространстве есть магнитные поля с индукцией 10^{-6}—10^{-5} Гс. По-видимому, эти поля возникли из начального очень слабого поля, усиленного благодаря движению межзвёздного газа. Магнитное поле присутствует не только в нашей, но и в других галактиках.

Современные методы исследований позволяют определять как величину, так и направление межзвёздного магнитного поля. Оказалось, что оно весьма неоднородно. Наша Галактика обладает крупномасштабным магнитным полем, регулярная составляющая которого в окрестностях Солнца равна приблизительно $2 \cdot 10^{-6}$ Гс. Характерный размер областей, где поле имеет одно направление, 300—500 световых лет (для сравнения укажем, что диаметр Галактики около 100 тыс. световых лет). В спиральных галактиках линии магнитной индукции ориентированы преимущественно вдоль спиральных ветвей. Самых высоких значений, до 10^{-3} Гс, индукция достигает в наиболее плотных облаках межзвёздного газа.

РОЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭВОЛЮЦИИ МЕЖЗВЁЗДНОЙ СРЕДЫ

Большие объёмы ионизованного газа и его высокая электропроводность приводят к тому, что межзвёздное магнитное поле оказывается тесно связанным с веществом, оно как бы вморожено в него. Поэтому если газ движется поперёк линий магнитной индукции, то, следуя за ним, силовые линии искривляются. И наоборот, перемещение линий магнитной индукции в пространстве увлекает за собой газ, через который они проходят. Благодаря такой «вмороженности» магнитное поле существенно влияет на движение и структуру межзвёздной среды. Например, волокнистая структура межзвёздных облаков и туманностей объясняется тем, что волокна вытянуты вдоль силовых линий поля.

В межзвёздной среде имеются неоднородности, размеры которых составляют несколько сот световых лет. Причиной их возникновения может быть неустойчивость замагниченного газового диска Галактики.

Как это происходит? Допустим, что силовые линии галактического магнитного поля сначала располагались примерно параллельно плоскости Галактики. В этом случае на межзвёздный газ действуют две противоположно направленные силы: гравитационное притяжение звёздного диска и давление магнитного поля. Пока эти силы равны между собой, газ находится в равновесии. Однако любое, даже малое перемещение газа к плоскости диска приведёт к искривлению линий магнитной индукции. Образуется магнитная яма, в которую под влиянием силы гравитации будут «соскальзывать» вдоль линий магнитного поля всё новые порции газа. Это вызовет ещё большее искривление силовых линий и углубление магнитной ямы.

Когда в магнитной яме накапливается достаточное количество газа, он становится непрозрачным для основных источников нагрева межзвёздной среды — жёсткого ультрафиолетового излучения звёзд и космических лучей не очень высокой энергии. Не испытывая нагрева, газ охлаждается и переходит в молекулярное состояние. Под действием собственной тяжести газ начинает разбиваться на сгустки и сжиматься. В результате создаются условия, при которых из холодного газа могут образовываться звёзды и их скопления.

Но замагниченное облако трудно сжать: этому препятствует растущее магнитное давление. Следовательно,



светимость звезды, по светимости — расстояние до неё, а следовательно, и до той звёздной системы, куда она входит. Этот метод позволил определить расстояние до туманности Андромеды в 900 тыс. световых лет. Такая оценка оказалась заниженной. Уточнение шкалы расстояний цефеид в 1952 г. удвоило все межгалактические расстояния. При новой шкале размеры ближайших спиральных туманностей стали сопоставимы с размерами Млечного Пути, а иногда и превышали их. Тем самым были получены последние доказательства того, что спиральные туманности — это огромные звёздные системы, сравнимые с нашей Галактикой и удалённые от неё на миллионы световых лет. С тех пор их и стали называть галактиками.

Простой взгляд на фотографию спиральной галактики вызывает восхищение и удивление: каким образом может возникнуть такая система звёзд? Какая сила собирает и удерживает звёзды в спиральных ветвях? Почему самые яркие, массивные, а значит, короткоживущие звёзды находятся в спиральных ветвях, а между ветвями — в основном слабые, долго проживившие звёзды? Почему вид галактики напоминает чечевицу или два блюдца, приложенные краями друг к другу? Почему в центре галактик, наблюдаемых с ребра, видно шарообразное «вздутие» (балдж), образуемое маломассивными жёлтыми и красными звёздами?

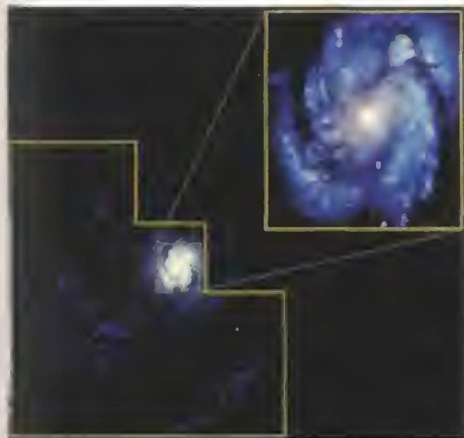
Плоская, дискообразная форма объясняется вращением. Во время образования галактики центробежные силы препятствовали сжатию протогалактического облака или системы облаков газа в направлении, перпендикулярном оси вращения. В результате газ концентрировался к некоторой плоскости — так образовались вращающиеся диски спиральных галактик. Диск вращается не как единое твёрдое тело (например, колесо): период обращения звёзд по краям диска намного больше, чем во внутренних частях.

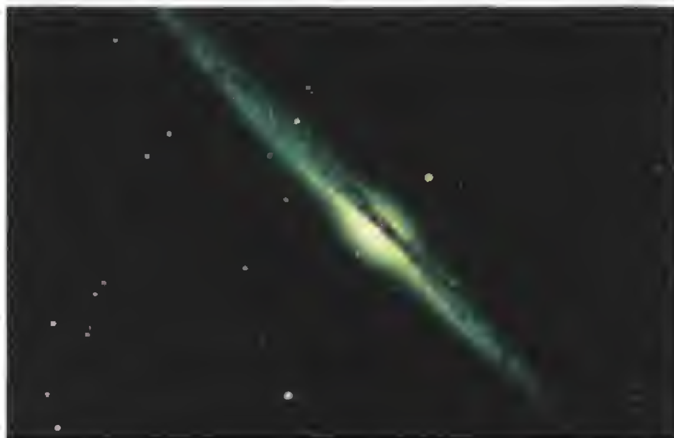
Немало усилий пришлось приложить астрономам, чтобы понять причину других наблюдаемых свойств спиральных галактик. Заметный вклад в исследование их природы внесла отечественная наука. Вот как представляют себе природу спиральных ветвей галактик в наши дни.

Все звёзды, населяющие галактику, гравитационно взаимодействуют, в результате чего создаётся общее гравитационное поле галактики. Известно несколько причин, по которым при вращении массивного диска возникают регулярные уплотнения вещества, распространяющиеся подобно волнам на поверхности воды. В галактиках они имеют форму спиралей, что связано с характером вращения диска. В спиральных ветвях наблюдается повышение плотности как звёзд, так и межзвёздного вещества — пыли и газа. Повышенная плотность газа ускоряет образование и

◄◄ Галактика M 100.

Спиральная галактика NGC 891, видимая с ребра. ▼







МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ — НАША ГАЛАКТИКА

ЗВЁЗДЫ — СОСЕДИ СОЛНЦА

В повседневной жизни мы лучше всего знаем о том, что нас непосредственно окружает: о своей семье, соседях по дому и т. д. В астрономии зачастую всё наоборот: бывает, что об удалённых галактиках людям известно больше, чем о ближайших окрестностях. Почему?

Может показаться, что наиболее яркие звёзды на небе — те, которые ближе к нам расположены. На самом деле ярчайшие звёзды — это мощные прожекторы, видимые издалека. На их фоне теряются маленькие и тусклые звёздочки, которые находятся рядом, и таких звёзд очень много. Для того чтобы их обнаружить, приходится использовать крупные телескопы или применять специальные методы поиска.

Солнечная система погружена в огромную звёздную систему — Галактику, насчитывающую сотни миллиардов звёзд самой разной светимости и цвета. Многие из них сливаются в слабо светящуюся полосу, пересекающую небосклон в ясные безлунные ночи, — Млечный Путь. Свойства разных типов звёзд Галактики астрономам достаточно хорошо известны. Однако эти типы (звёзды разных масс, их остатки) имеют самую различную пространственную плотность. Чем реже в пространстве встречаются звёзды того или иного класса, тем меньше вероятность того, что именно они окажутся вблизи Солнца. Поэтому учёные предполагают, что нашими соседями являются не просто типичные звёзды и другие небесные объекты, а скорее представители наиболее многочисленных «племён» Галактики. Наблюдения показывают, что частота встречаемости звёзд зависит от их светимости: чем она ниже, тем больше таких звёзд в единице объёма пространства.

Взаимосвязь между числом объектов и их светимостью приводит к понятию *окрестностей Солнца*, т. е. та-



ГАЛАКТИКИ С АКТИВНЫМИ ЯДРАМИ

Во всех галактиках, кроме самых небольших, выделяется яркая центральная часть, называемая ядром. В нормальных галактиках, таких, как наша, большая яркость ядра объясняется высокой концентрацией звёзд. Но всё же суммарное количество звёзд ядра составляет лишь несколько процентов от их общего числа в галактике.

Встречаются галактики, у которых ядра особенно яркие. Причём в этих ядрах помимо звёзд наблюдается яркий звездоподобный источник в центре и светящийся газ, движущийся с огромными скоростями — тысячи километров в секунду. Галактики с активными ядрами были открыты американским астрономом Карлом Сейфертом в 1943 г. и впоследствии получили название *сейфертовских галактик*. Сейчас известны тысячи подобных объектов.

Сейфертовские галактики (или просто сейферты) относятся к гигантским спиральным звёздным системам. Среди них повышена доля пересечённых спиралей, т. е. галактик с баром (SB по классификации Хаббла). Сейферты чаще, чем обычные галактики, образуют пары или группы, но избегают крупных скоплений. Сейферты составляют примерно 1% от общего числа спиральных систем, и их пространственная концентрация такова, что одна галактика приходится примерно на 10 тыс. кубических мегапарсек.

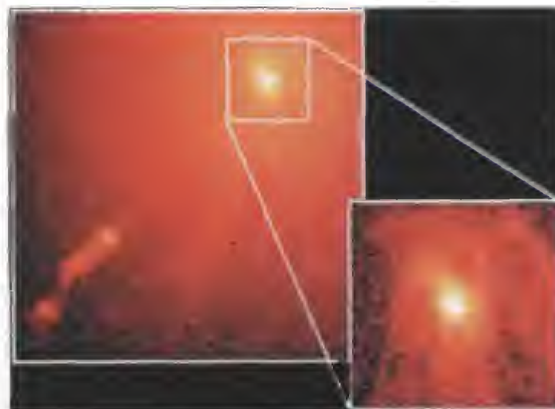
Сейферт обнаружил 12 галактик с активными ядрами, но в течение 15 лет их практически не изучали. В 1958 г. советский астрофизик Виктор Амазаспович Амбарцумян привлёк внимание астрономов к исследованию активных ядер. В настоящее время изучение ядер галактик является одним из наиболее актуальных направлений астрономии.

Формы проявления активности ядер неодинаковы в различных галактиках. Это может быть очень большая мощность излучения в оптической, рентгеновской или инфракрасной области спектра, причём заметно меняющаяся за несколько лет, месяцев или даже дней. В некоторых случаях наблюдается очень быстрое движение газа в ядре — со скоростями тысячи километров в секунду. Иногда газ образует длинные прямолинейные выбросы. В некоторых галактиках ядра являются источниками высокоэнергичных элементарных частиц (электронов и протонов). Эти потоки частиц нередко навсегда покидают галактику в виде радиовыбросов, или радиоджетов.

Активные ядра любого типа характеризуются очень большой светимостью во всём диапазоне электромагнитного спектра (по сравнению с ядрами нормальных галактик). Мощность излучения сейфертовских галактик иногда достигает 10^{35} Вт, что ненамного уступает светимости всей



Галактика с джетами (газовыми струями). Рисунок.



Центральная часть активной галактики Дева А с джетом.



Сейчас проведено много измерений спектров и цветов звёзд, которые дают представление об их удалённости. Развитие техники позволяет эффективно применять на новом уровне и старые, хорошо проверенные методы определения расстояний. С помощью измерений, выполненных западноевропейским спутником Земли «Гиппаркос», удалось вычислить параллаксы около 100 тыс. звёзд. После обработки всех данных, полученных со спутника, список близких соседей Солнца существенно пополнится.

Кто же они, наши соседи? Большинство среди них (почти 2/3) составляют очень слабые красные карлики — их массы в 3—10 раз меньше, чем у Солнца. Звёзды, похожие на Солнце, очень редки, их всего 6%. Белых и желтоватых звёзд (спектральных типов A и F) массами от 1,5 до 2 солнечных вообще единицы. Более массивных звёзд (астрономам известны звёзды с массами примерно до 100 солнечных) в непосредственных окрестностях Солнца не найдено, что указывает на их большую редкость. Кроме «живых» звёзд учёные обнаружили ещё семь белых карликов — это остатки звёзд, которые исчерпали всю свою энергию и медленно остывают, высвечивая имеющиеся запасы тепла.

Многие наши соседи (72%) группируются в кратные системы (двойные, тройные и т. д.), где компоненты связаны друг с другом силами гравитации. Чем выше степень кратности, тем меньше таких систем. Некоторые члены этих систем невидимы для современных инструментов (из-за своей близости к сотоварищам или очень слабого блеска). В отдельных случаях невидимые компоненты, как выяснилось, имеют настолько малые массы (менее 0,01 массы Солнца), что их уже нельзя считать звёздами, скорее это очень большие планеты. Напомним, что масса самой крупной планеты Солнечной системы — Юпитера — составляет около 0,001 массы Солнца, т. е. эти компоненты примерно в 10 раз массивнее Юпитера. Невидимые компоненты астрономы находят только косвенными методами — по искажениям, вносимым их гравитационными полями в регулярное орбитальное движение видимых членов систем. Обнаружение таких спутников требует длительных и очень точных измерений.

Какая же из сотни близких звёзд может претендовать на титул ближайшей соседки Солнца? Сейчас ею считается компонент известной тройной системы α Центавра — слабый красный карлик Проксима (*лат.* «ближайшая»). Расстояние до Проксимы 1,31 пк, свет от неё идёт до нас 4,2 года. Будущие исследования покажут, насколько Проксима достойна своего имени и нет ли звёзд, конечно более слабых, которые ещё ближе расположены к Солнцу.

Изучая окрестности Солнца, можно лучше понять природу звёзд малых масс — их образование (по распределению ближайших звёзд видно, что они в основном рождаются небольшими группами) и эволюцию. В окрестностях Солнца наблюдаются звёзды солнечного типа, находящиеся на последовательных этапах своей

БЛИЖЕ ПРОКСИМЫ?..

По современным данным, ближайшей к нам звездой является Проксима — компонент тройной системы α Центавра. Но, может быть, гораздо ближе к Солнцу есть другие звёзды или в крайнем случае большие планеты? Статистика показывает, что число звёзд возрастает с уменьшением их массы. Этот закон справедлив на всём интервале звёздных масс от 100 до 0,1 массы Солнца. Если он выполняется и для меньших масс, то можно оценить количество этих объектов в каком-либо объёме пространства.

Любопытно, что если формально продолжить (проэкстраполировать) звёздную функцию масс, полученную для окрестностей Солнца, в область планетных масс и выяснить, сколько тел с массой Юпитера (0,001 солнечной) можно найти в объёме, равном объёму Солнечной системы, то мы получим одно такое тело. Но это и наблюдается в действительности! Несмотря на грубость наших предположений (мы не знаем ни характера функции масс для таких тел, ни механизма их образования, т. е. не уверены, что проделанная процедура справедлива), подобное совпадение впечатляет. Значит, не исключено, что наши ближайшие соседи в Галактике находятся буквально у нас под носом (в сотни раз ближе, чем Проксима). Правда, найти их традиционными астрономическими методами будет чрезвычайно сложно — эти объекты практически ничего не излучают.



движений межзвёздного газа, которые не сводятся к простому обращению вещества вокруг центра. Такие некруговые движения не могут продолжаться долго, они должны затухать за один-два оборота диска. Значит, они возникли сравнительно недавно. Быть может, мы наблюдаем молодые, ещё не до конца сформировавшиеся галактики? Нет, анализ звёздного состава показал, что они такие же старые, как и большинство других.

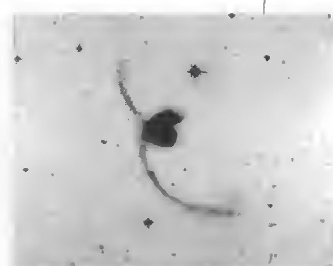
Чаще всего эти необычные звёздные системы являются членами пар или тесных групп, и это говорит о том, что все перечисленные особенности — результат влияния галактик друг на друга. Известный советский астроном Борис Александрович Воронцов-Вельяминов, первым начавший исследование таких объектов, дал им название «взаимодействующие галактики». Он описал и занёс в каталоги тысячи взаимодействующих систем, в том числе редчайшие по своей структуре и форме галактики, необычный внешний вид которых до сих пор озадачивает астрономов.

Статистические исследования привели к выводу, что большинство взаимодействующих галактик — это не случайно встретившиеся странники во Вселенной, а родственники, связанные общим происхождением. В своём движении они то сближаются, то удаляются друг от друга.

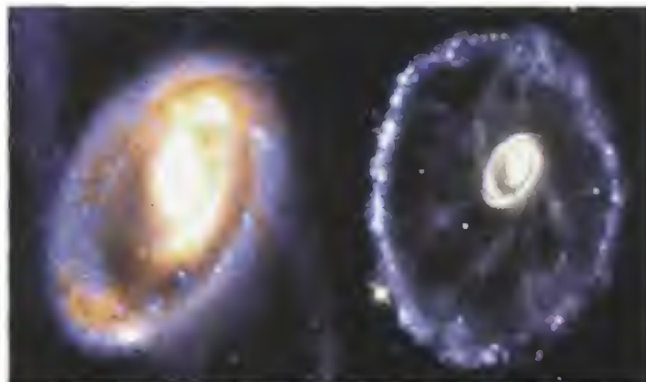
Гравитационные поля близких звёздных систем создают приливные силы, достаточные для того, чтобы исказить форму галактик или изменить их внутреннюю структуру. Теоретически описать этот процесс довольно сложно. Очень большую роль в его исследовании сыграло построение компьютерных моделей. Те процессы, которые в природе занимают сотни миллионов лет, на экране монитора разворачиваются буквально у нас на глазах. При сближении звёздных систем искажается их форма, возникают мощные спиральные ветви, рождаются перемычки между галактиками. Позднее, когда галактики начинают удаляться друг от друга, из одной или обеих выбрасываются длинные хвосты из газа и звёзд. При сильном взаимодействии необратимо меняются размеры, форма и даже морфологический тип галактик.

Характер взаимодействия зависит от многих факторов. Например, от того, обладает ли галактика звёздным диском, много ли в ней межзвёздного газа, на какое расстояние подходит к ней соседняя галактика, в каком направлении и с какой скоростью она движется, как ориентирована её орбита. Поэтому формы взаимодействующих систем так разнообразны. Но можно сделать одно общее предсказание: если галактики не случайно встретились в пространстве, а образуют систему, то их взаимодействие рано или поздно должно привести к тесному сближению и последующему слиянию. Этот процесс может продолжаться более миллиарда лет. Такие сливающиеся системы действительно были обнаружены среди известных галактик. В них наблюдаются двойные, реже кратные ядра, светлые струи некогда выброшенного в межгалактическое пространство вещества или необычайно протяжённые звёздные «короны».

Взаимодействие играет очень большую роль в эволюции звёздных систем. Многие галактики должны были испытать сильное взаимодействие, завершившееся слиянием, в далёком прошлом. Сейчас их внешний вид может быть совершенно нормален, и только специальные исследования позволяют заподозрить некогда пережитые ими бурные процессы. Так, ближайшая к нам радиогалактика Центавр А считается результатом слияния

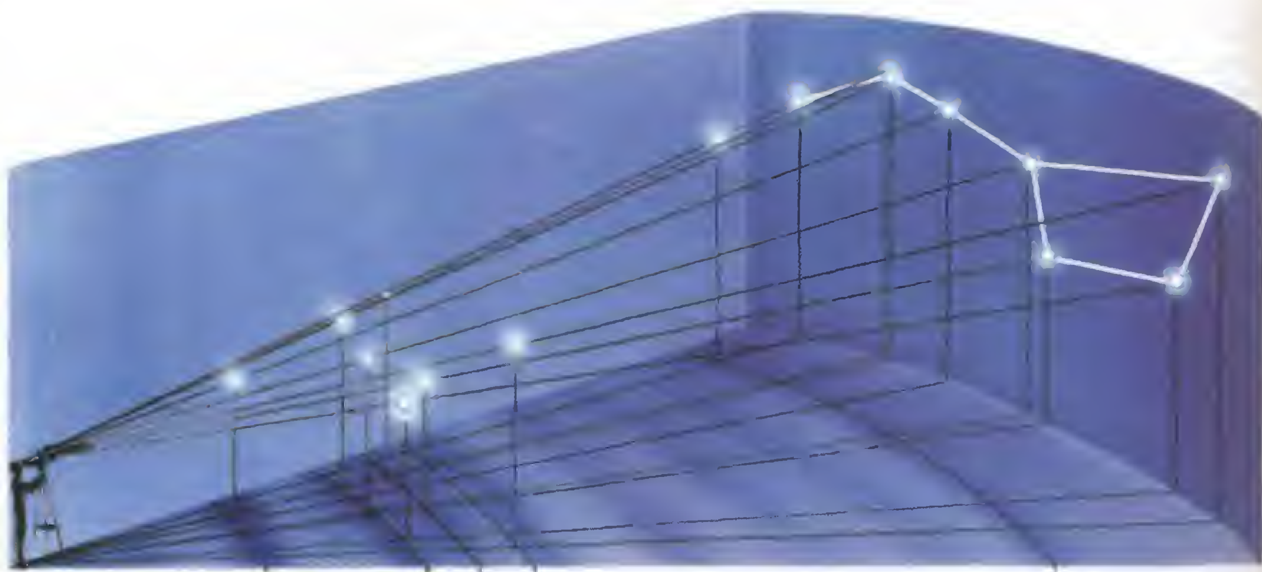


Система взаимодействующих галактик «Усы». Негатив.



Взаимодействующая галактика необычной формы Тележное Колесо. Слева — увеличенное изображение центральной части.





Некоторые из звёзд Ковша Большой Медведицы находятся далеко друг от друга, но для земного наблюдателя проецируются на один и тот же участок небесной сферы.

Ещё до наблюдений Гершеля астрономы знали, что на небе можно наблюдать не только звёзды, но и слабые туманные пятна. В 1781 г. французский учёный, «ловец комет» Шарль Мессье составил каталог таких туманностей, в который включил 103 пятна. В свой мощный телескоп Гершель обнаружил, что многие объекты, принятые Мессье за туманности, на самом деле являются тесными группами слабых звёздочек — звёздными скоплениями. Всего он описал более 2 тыс. скоплений. Были в их числе и те, что известны с глубокой древности (например, Плеяды и Ясли), но большинство открыл сам Гершель. Столь большое количество скоплений убеждало учёного в том, что по крайней мере некоторые из них являются не видимыми, а реальными звёздными группами, члены которых связаны взаимным тяготением.

Сначала Гершель предполагал, что ему удалось открыть «звёздные острова» — огромные скопления звёзд, заполняющие Вселенную и подобные звёздной Галактике, в которой мы живём. Позже он обнаружил, что по крайней мере часть из них всё же принадлежит нашей звёздной системе.

Наблюдения в XIX в. позволили установить, что «звёздные кучи» Гершеля по внешнему виду легко разделяются на два класса. Одни из них были названы *шаровыми скоплениями* из-за своей сферической формы. Во внешних областях этих скоплений в телескоп обнаруживались многочисленные слабые звёзды. Однако в центре скопления звёзды располагались так часто, что казались сплошной светящейся массой. Любопытно, что все шаровые скопления наблюдались лишь в одной стороне неба, в полусфере с центром в созвездии Стрельца. Скопления второго класса — *рассеянные* — встречались только в пределах Млечного Пути или вблизи него. По сравнению с шаровыми они обладали меньшей звёздной плотностью и нечётко выраженной формой.

Тщательное изучение звёздных скоплений началось только в XX в. Со времён Гершеля наши познания о них значительно расширились. Сейчас звёздными скоплениями называют группы звёзд, связанных общим происхождением, положением в пространстве и движением. Этим скопления и отличаются от созвездий, которые являются результатом случайного совпадения положений звёзд на небе. Деление скоплений на шаровые и рассеянные сохранилось, а во второй половине нашего столетия к ним добавился ещё один тип звёздных группировок — *ассоциации*.



ет скорости вращения газовых облаков, сбивает их с круговых орбит. Моделирование этих процессов наглядно показывает, как при определённых начальных условиях межзвёздный газ смещается к центру и образует там вращающийся газовый диск диаметром несколько тысяч световых лет. Дальнейшая эволюция приводит к тому, что часть газа из ядерного диска постепенно попадает в самый центр, к чёрной дыре. Топливо к ядру доставлено!

Нашу Галактику можно отнести к числу слабовзаимодействующих. Она испытывает гравитационное воздействие со стороны близких спутников — Большого и Малого Магеллановых Облаков. Влияние нашей Галактики на эти небольшие системы намного сильнее и драматичнее: проходя на близком расстоянии от неё, они неизбежно разрушаются. Вероятно, через несколько миллиардов лет Магеллановы Облака войдут в нашу Галактику и постепенно растворятся в ней.

ЧТО ТАКОЕ СКРЫТАЯ МАССА

Существующие во Вселенной тела и другие скопления вещества астрономы обнаруживают в основном по их излучению. Это может быть видимый свет или другие виды электромагнитных волн — всё равно имеются приёмники излучения, позволяющие их регистрировать. Именно таким способом было установлено, что бóльшая часть видимого вещества Вселенной сосредоточена в звёздах. Кроме них имеются разреженный межзвёздный галактический газ, пыль, тела планетного типа вблизи звёзд.

Однако не от всех космических объектов можно принять излучение. Например, с Земли нельзя рассмотреть массивные, но очень маленькие компоненты двойных систем (см. статью «Звёздные пары»). А чёрные дыры принципиально не отпускают от себя никакое излучение. Наличие подобных тел удаётся установить только по их гравитационному воздействию на соседей. Применение такого косвенного метода привело учёных к убеждению, что на самом деле во Вселенной содержится гораздо больше вещества, чем то, которое доступно прямым наблюдениям. Невидимое вещество, проявляющее себя по взаимодействию с видимым посредством сил тяготения, назвали *скрытой массой*.

Впервые о скрытой массе заговорили в 30-х гг. XX в. Швейцарский астроном Фриц Цвикки, измеряя по красному смещению скорости галактик из скопления в созвездии Волосы Вероники, получил неожиданный результат. Лучевые скорости этих галактик оказались слишком высокими и не соответствовали общей массе скопления, определённой по числу наблюдаемых галактик (т. е. по видимому веществу). Тогда Цвикки выдвинул смелую гипотезу, что в скоплении присутствует невидимая, скрытая масса, она-то и является причиной больших скоростей галактик. Но самым удивительным было то, что, согласно расчётам, эта невидимая масса во много раз превышала массу видимую! Та же картина наблюдалась и во многих других скоплениях галактик.

С тех пор гипотеза о существовании невидимого вещества неоднократно привлекалась для интерпретации астрономических наблюдений, и прежде всего для объяснения особенностей движения звёзд и газовых облаков по орбитам в дисках галактик. Если бы основная масса галактики была сосредоточена в звёздах, их орбитальные скорости уменьшались бы по мере удаления от центра. В действительности они не только не уменьшаются, но в ряде случаев даже возрастают. То же самое происходит и в нашей Галактике. Чтобы объяснить это явление, нужно предположить, что далеко за пределами видимых границ галактики простирается несветящаяся, тёмная материя. Обычно её

Фриц Цвикки.





скоплениях позволили определить степень их удалённости от Солнца. Расстояния до всех скоплений очень велики — тысячи парсек. Сейчас известно свыше 150 шаровых скоплений, всего же их в Галактике может быть несколько сот.

ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ И НАШЕ МЕСТО В ГАЛАКТИКЕ

Изумление охватывает каждого, кто впервые видит в телескоп большое звёздное скопление М 13 в Геркулесе. И нередко встречаешь недоверие или почтительное благоговение, когда объясняешь, что каждая его блестящая точка является звездой гораздо более яркой, чем Солнце, и весь этот изумительный шаровой рой так далёк от нас, что свет, который мы видим, находился в пути более трёхсот столетий.

Звёздные скопления шаровой формы столь же много говорят мысли, как и глазу. Они дали возможность установить два факта, фундаментальных для нашего знания о галактиках. Во-первых, они ясно показали, что Солнце с планетами расположено в Галактике далеко от её центра, находящегося в созвездии Стрельца. Во-вторых, благодаря своим цефеидам они позволили установить универсальную зависимость между периодом и светимостью этих звёзд, которая была выведена сначала из изучения Малого Магелланова Облака.

Ещё до 1920 г. мне стало ясно, что перепись шаровых скоплений в основном закончена и что поэтому их пора изучать как единую систему скоплений. Шаровые скопления, в противоположность рассеянным, находятся не во всех галактических долготах, а резко концентрируются в созвездиях Скорпиона, Стрельца и Змееносца. Анализируя положение сотни шаровых скоплений, я нашёл, что центр их системы находится на среднем круге Млечного Пути, вблизи того места, где сходятся границы трёх названных созвездий. Прямое восхождение его 17 ч 30 мин, склонение –30°. Улучшенные современные значения его координат (17 ч 42 мин и –29°) мало отличаются от этого. Тогда я сделал несколько смелое гипотетическое предположение, которое потом многие исследования звёзд и галактик перевели из класса гипотез в класс установленных наблюдением истин.

Вот суть этого предположения. Система шаровых скоплений является своего рода скелетом тела всей Галактики, так что пространственное расположение сотни шаровых скоплений показывает расположение миллиардов остальных звёзд Галактики. Отсюда и следовал вывод, что центр нашей звёздной системы лежит в направлении созвездия Стрельца.

Следствием этих наблюдений и заключений явился пересмотр представлений о нашем собственном положении в Галактике. Теперь Солнце нельзя больше считать расположенным в центре нашей звёздной системы, оно отодвинулось на несколько десятков тысяч световых лет от галактического ядра.

(По книге Харлоу Шепли «Галактики». 1942 г.)

Родившись одновременно с Галактикой, шаровые скопления практически сохранили химический состав того гигантского догалактического облака, из которого они сформировались. Характерной особенностью их состава является низкое содержание тяжёлых химических элементов, которые образуются только на конечных стадиях эволюции звёзд. Во время возникновения шаровых скоплений в Галактике было ещё очень мало элементов тяжелее гелия, поэтому некоторые из скоплений содержат примерно в 300 раз меньше металлов, чем Солнце.

История образования шаровых скоплений отразилась на их пространственном распределении в Галактике. Все они располагаются сферически симметрично относительно центра Галактики (для земного наблюдателя он находится в созвездии Стрельца), сильно концентрируясь к нему. Эту плотную центральную часть системы шаровых скоплений и обнаружили в XIX в. Характер распределения скоплений не изменился и после того, как догалактическое облако (или система газовых облаков, из которых формировалась Галактика) сжалось, образовав вращающийся диск.

В этом первоначальном газовом диске в дальнейшем и происходило образование звёзд. В диске Галактики и сейчас рождаются звёздные скопления, причём исключительно рассеянные. В некоторых других галактиках, например в Магеллановых Облаках, молодые скопления бывают не только рассеянными, но и шаровыми.

РАССЕЯННЫЕ СКОПЛЕНИЯ

Рассеянных скоплений известно гораздо больше, чем шаровых, хотя открывать их значительно труднее. Из-за низкой звёздной плотности их легко спутать со случайными звёздами, наблюдаемыми в том же направлении. Выделить реальные группы звёзд можно, исследовав их движение в пространстве и удаление от Солнца. Если звёзды, находящиеся пример-



массы, необходимой для критической плотности, т. е. той плотности, какой теоретически должна обладать Вселенная. Поэтому остаётся либо предположить, что во Вселенной помимо обычной барионной (атомной) массы содержится ещё очень много вещества, не состоящего из атомов, либо считать, что пустое пространство (вакуум) обладает такими свойствами, что вносит свой вклад в полную плотность материи. В принципе небарионная скрытая масса может быть заключена в лёгких элементарных частицах (с массой в миллионы раз меньше массы покоя электрона), существование которых следует из современной физической теории элементарных частиц. Поиски таких частиц усиленно ведутся на самых мощных ускорителях, но пока не увенчались успехом.

Однако часть скрытой массы может заключаться в телах, состоящих из обычных атомов. Наблюдая светящееся вещество, можно сделать вывод, что звёзды, содержащие основную долю видимой материи, — это лишь небольшая часть даже от барионного вещества. Значит, во Вселенной наверняка много невидимых и не открытых пока объектов барионной природы, скорее всего — газовых тел с массой, промежуточной между массами звёзд и небольших планет (их называют тёмными карликами, или «юпитерами»). Теоретически такими объектами могут быть и «комки» вещества массой порядка 10^{-8} масс Солнца, и даже чёрные дыры массой около 100 солнечных. Возможно, что эти невидимые объекты — «строительный мусор», оставшийся от эпохи образования галактик, или остатки эволюции звёзд, существовавших ещё до рождения галактик. Хотя таких тёмных тел вряд ли хватит для объяснения парадокса скрытой массы, их поиски активно проводятся. Перспективными в этом отношении являются работы по гравитационному микролинзированию (см. статью «Гравитационные линзы»).

Исследуя эффекты гравитационного микролинзирования миллионов звёзд в Магеллановых Облаках, астрономы зарегистрировали несколько случаев характерного изменения яркости далёких слабых звёзд. Это может быть связано с существованием тёмных объектов в гало нашей Галактики. Однако из наблюдений пока трудно окончательно определить, какую часть массы невидимого вещества они составляют.



* * *

Итак, попытки разобраться, из чего же состоит Вселенная, привели в наше время к весьма любопытной ситуации. На пороге XXI столетия обнаруживается, что все изучавшиеся до сих пор астрономические объекты составляют лишь незначительную долю космического вещества. Это настоящий вызов человеческому знанию! Остаётся надеяться, что новейшие методы астрономии, такие, как метод гравитационного микролинзирования, позволят в будущем пролить свет на увлекательную и загадочную проблему невидимого вещества в нашей Галактике и во Вселенной.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЛИНЗЫ

Гравитационными линзами называют объекты, которые своим полем тяготения искривляют световые лучи, проходящие вблизи или сквозь них. Из-за этого изображение удалённого источника (звезды, галактики, квазара) искажается или даже представляется в виде нескольких отдельных изображений. В принципе любое тело способно «собирать» своим гравитационным полем параллельный пучок света в некотором фокусе подобно оптическим линзам. Но только астрономические объекты огромной массы типа звёзд или галактик могут создавать заметный эффект.



пировка оказывается неустойчивой и, медленно расширяясь, теряется на фоне окружающих звёзд.

* * *

Активное исследование звёздных группировок продолжается. Новые мощные наблюдательные инструменты позволяют обнаружить скопления в других, иногда очень далёких галактиках. Но больше всего их открыто в ближайших к нам звёздных системах, таких, как туманность Андромеды и Магеллановы Облака.

НАША ГАЛАКТИКА И МЕСТО СОЛНЦА В НЕЙ

В XVII столетии, после изобретения телескопа, учёные впервые осознали, насколько велико количество звёзд в космическом пространстве. В 1755 г. немецкий философ и естествоиспытатель Иммануил Кант предположил, что звёзды образуют в космосе группы, подобно тому как планеты составляют Солнечную систему. Эти группы он назвал «звёздными островами». По мнению Канта, одним из таких бесчисленных островов является Млечный Путь — грандиозное скопление звёзд, видимое на небе как светлая туманная полоса. На древнегреческом языке слово «галактикос» означает «молочный», «млечный», поэтому Млечный Путь и похожие на него звёздные системы называют галактиками.

Предположение Канта было подтверждено методом звёздных подсчётов, который впервые применил в конце XVIII в. Уильям Гершель. Сущность этого метода заключается в сравнении числа звёзд, попадающих на участки одинаковой площади на различных расстояниях от плоскости Млечного Пути. Такие подсчёты производились неоднократно и привели к следующим основным результатам: во-первых, число звёзд резко убывает при удалении от Млечного Пути; во-вторых, общее количество звёзд к югу от плоскости Млечного Пути несколько больше числа звёзд к северу от него. Так было установлено, что размеры нашей звёздной системы в направлении Млечного Пути значительно превышают её размеры в перпендикулярном направлении, причём Солнце находится чуть выше плоскости симметрии этой системы.



Участок Млечного Пути. Это скопление огромного количества слабых (а значит, в большинстве своём очень далёких) звёзд.

РАЗМЕРЫ И СТРОЕНИЕ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ

Основываясь на результатах своих подсчётов, Гершель предпринял попытку определить размеры Галактики. Он заключил, что наша звёздная система имеет конечные размеры и образует своего рода толстый диск: в плоскости Млечного Пути она простирается на расстояние не более 850 единиц, а в перпендикулярном направлении — на 200 единиц, если принять за единицу расстояние до Сириуса. По современной шкале расстояний это соответствует 7300 × 1700 световых лет.

Эта оценка в целом верно отражает структуру Млечного Пути, хотя

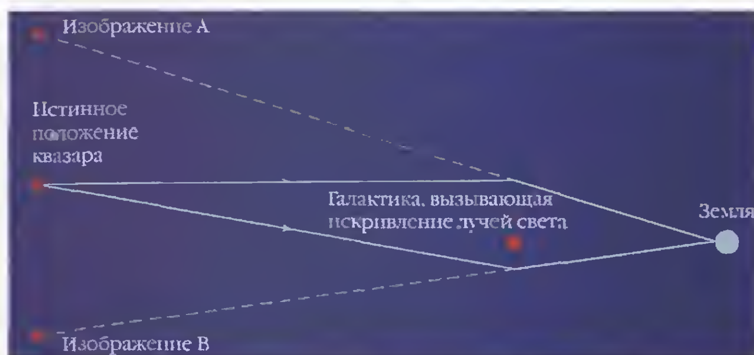


мер Магеллановы Облака. Если бы между нами и Магеллановыми Облаками не было никаких тел, способных создавать эффект гравитационных микролинз, то, наблюдая за звёздами, мы получали бы информацию только об их собственной переменности. Но предположим, что между нами и этими звёздами находится много неизлучающих или слабо светящихся тел (например, старых холодных белых карликов, нейтронных звёзд, чёрных дыр или планет типа Юпитера). Если такое тёмное тело пролетит близко к лучу зрения, направленному на какую-нибудь из звёзд, то блеск её резко увеличится, а затем опять уменьшится, причём абсолютно симметрично.

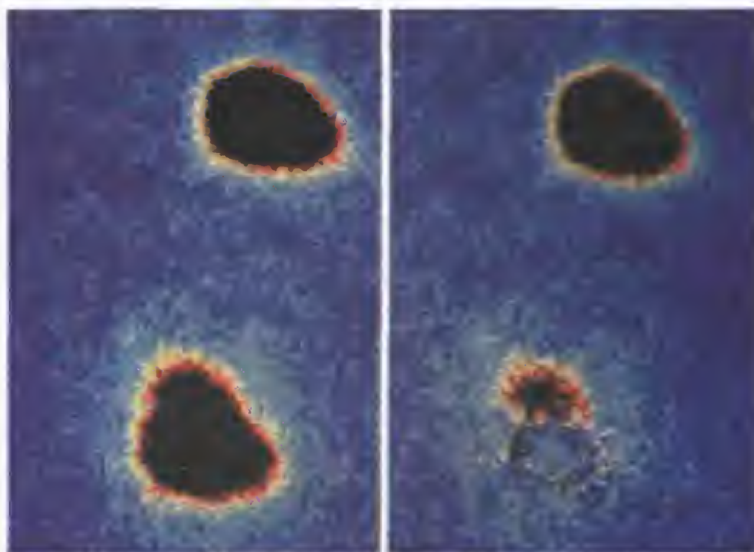
Эта идея была разработана в середине 80-х гг. американским астрофизиком Б. Пачиньским. В качестве звёздного поля он предложил использовать Магеллановы Облака или уплотнение звёзд вокруг центра нашей Галактики. Уже через год было выявлено несколько случаев симметричного увеличения и ослабления блеска звёзд длительностью около месяца, которые по всем признакам являлись следствием микролинзирования при пролёте тёмных тел.

Как сейчас представляется, эти тёмные тела имеют массу гораздо меньше солнечной (сам метод микролинзирования «чувствителен» к поиску тел массой от 10^{-8} до 10^{-3} масс Солнца). Природа их до конца не ясна. Возможно, это планеты типа Юпитера или остывшие холодные карлики.

Итак, появился ещё один независимый астрономический метод. Он позволяет получать важную информацию о загадочной тёмной материи, измерять ключевые космологические параметры и наблюдать новые эффекты в движении небесных тел, которые невозможно исследовать традиционными астрономическими методами.



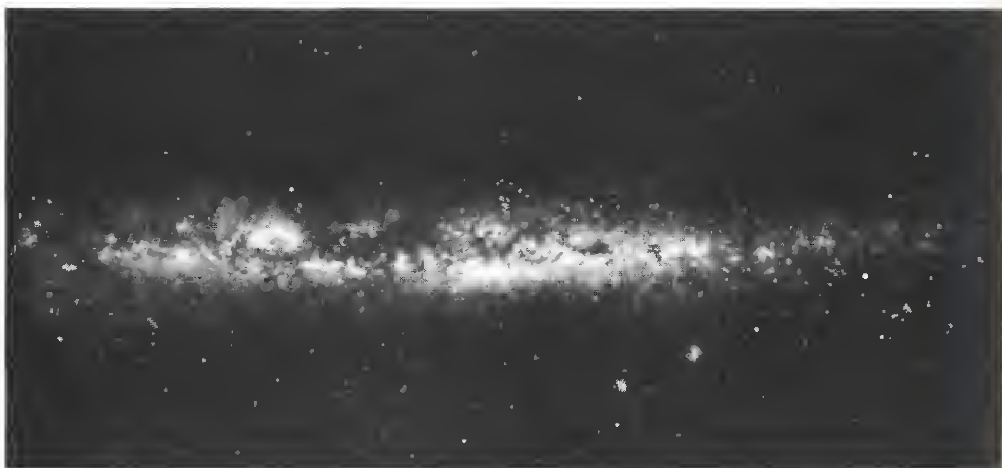
▲▲ Схема гравитационного линзирования.



▲ Квазар 09571+561 А, Б.







Видимое излучение всей небесной сферы, приведённое к галактической системе координат: Млечный Путь расположен вдоль экватора. Он представлен звёздами, тёмными пылевыми облаками и яркими областями ионизованного водорода. Видно также гало (район вне экваториальной плоскости). Два ярких пятна правее и ниже центра — Магеллановы Облака, спутники нашей Галактики.

Галактики, заполненной поглощающей материей, очень многие детали строения Млечного Пути скрыты от взгляда земного наблюдателя. Однако их можно изучать на примере других галактик, сходных с нашей. Так, в 40-е гг. XX столетия, наблюдая галактику М 31, больше известную как туманность Андромеды, немецкий астроном Вальтер Бааде (в те годы он работал в США) заметил, что плоский линзообразный диск этой огромной галактики погружён в более разреженное звёздное облако сферической формы — *гало́*. Поскольку туманность Андромеды очень похожа на нашу Галактику, Бааде предположил, что подобная структура имеется и у Млечного Пути. Звёзды галактического диска были названы населением I типа, а звёзды гало (или сферической составляющей) — населением II типа.

Как показывают современные исследования, два вида звёздного населения отличаются не только пространственным положением, но и характером движения, а также химическим составом. Эти особенности связаны в первую очередь с различным происхождением диска и сферической составляющей.

ГАЛО. Границы нашей Галактики определяются размерами гало. Радиус гало значительно больше размеров диска и по некоторым данным достигает нескольких сот тысяч световых лет. Центр симметрии гало Млечного Пути совпадает с центром галактического диска.

Состоит гало в основном из очень старых, неярких маломассивных звёзд. Они встречаются как поодиночке, так и в виде шаровых скоплений, которые могут включать в себя более миллиона звёзд. Возраст населения сферической составляющей Галактики превышает 12 млрд лет. Его обычно принимают за возраст самой Галактики.

Характерной особенностью звёзд гало является чрезвычайно малая доля в них тяжёлых химических элементов. Звёзды, образующие шаровые скопления, содержат металлов в сотни раз меньше, чем Солнце.

Звёзды сферической составляющей концентрируются к центру Галактики. Центральная, наиболее плотная часть гало в пределах нескольких тысяч световых лет от центра Галактики называется *балдж* (в переводе с английского «утолщение»).

Звёзды и звёздные скопления гало движутся вокруг центра Галактики по очень вытянутым орбитам. Из-за того что вращение отдельных звёзд происходит почти беспорядочно (т. е. скорости соседних звёзд могут иметь самые различные направления), гало в целом вращается очень медленно.

ДИСК. По сравнению с гало диск вращается заметно быстрее. Скорость его вращения не одинакова на различных расстояниях от центра. Она





быстро возрастает от нуля в центре до 200—240 км/с на расстоянии 2 тыс. световых лет от него, затем несколько уменьшается, снова возрастает примерно до того же значения и далее остаётся почти постоянной. Изучение особенностей вращения диска позволило оценить его массу. Оказалось, что она в 150 млрд раз больше массы Солнца.

Население диска очень сильно отличается от населения гало. Вблизи плоскости диска концентрируются молодые звёзды и звёздные скопления, возраст которых не превышает нескольких миллиардов лет. Они образуют так называемую плоскую составляющую. Среди них очень много ярких и горячих звёзд.

Газ в диске Галактики также сосредоточен в основном вблизи его плоскости. Он распределён неравномерно, образуя многочисленные газовые облака — от гигантских неоднородных по структуре сверхоблаков протяжённостью несколько тысяч световых лет до маленьких облачков размерами не больше парсека.

Основным химическим элементом в нашей Галактике является водород. Приблизительно на 1/4 она состоит из гелия. По сравнению с этими двумя элементами остальные присутствуют в очень небольших количествах. В среднем химический состав звёзд и газа в диске почти такой же, как у Солнца.

ЯДРО. Одной из самых интересных областей Галактики считается её центр, или *ядро*, расположенное в направлении созвездия Стрельца. Видимое излучение центральных областей Галактики полностью скрыто от нас мощными слоями поглощающей материи. Поэтому его начали изучать только после создания приёмников инфракрасного и радиоизлучения, которое поглощается в меньшей степени.

Для центральных областей Галактики характерна сильная концентрация звёзд: в каждом кубическом парсеке вблизи центра их содержатся многие тысячи. Расстояния между звёздами в десятки и сотни раз меньше, чем в окрестностях Солнца. Если бы мы жили на планете около звезды, находящейся вблизи ядра Галактики, то на небе были бы видны десятки звёзд, по яркости сопоставимых с Луной, и многие тысячи более ярких, чем самые яркие звёзды нашего неба.

Помимо большого количества звёзд в центральной области Галактики наблюдается околоядерный газовый диск, состоящий преимущественно из молекулярного водорода. Его радиус превышает 1000 световых лет. Ближе к центру отмечаются области ионизованного водорода и многочисленные источники инфракрасного излучения, свидетельствующие о происходящем там звёздообразовании. В самом центре Галактики предполагается существование массивного компактного объекта — чёрной дыры массой около миллиона масс Солнца. В центре находится также яркий радиоисточник Стрелец А, происхождение которого связывают с активностью ядра.

СПИРАЛЬНЫЕ ВЕТВИ. Одним из наиболее заметных образований в дисках галактик, подобных нашей, являются *спиральные ветви* (или рукава). Они и дали название этому типу объектов — *спиральные галактики*. Спиральная структура в нашей Галактике очень хорошо развита. Вдоль рукавов в основном сосредоточены самые молодые звёзды, многие рассеянные звёздные скопления и ассоциации, а также цепочки плотных облаков меж-



Изображение центра нашей Галактики в инфракрасных лучах (цвета искусственные). Яркая полоса отмечает плоскость галактического диска, где идёт интенсивное звёздообразование.



этот тонкий светящийся слой и создаёт у наблюдателя иллюзию того, что Солнце имеет «поверхность».

ГРАНУЛЯЦИЯ

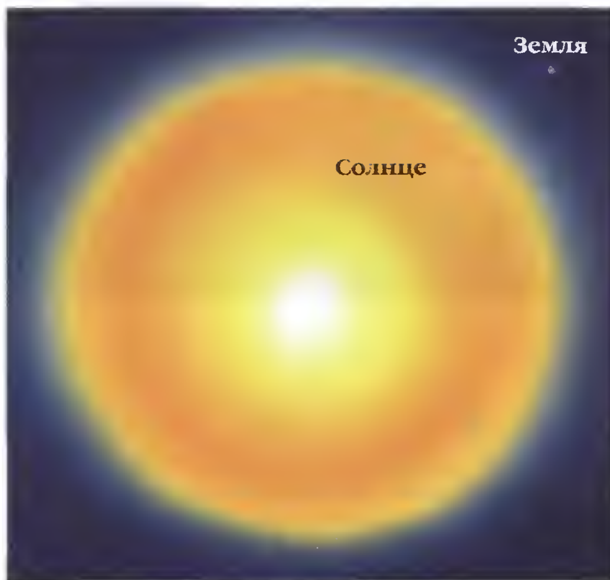
На первый взгляд диск Солнца кажется однородным. Однако, если приглядеться, на нём обнаруживается много крупных и мелких деталей. Даже при не очень хорошем качестве изображения видно, что вся фотосфера состоит из светлых зёрнышек (называемых *гранулами*) и тёмных промежутков между ними. Это похоже на кучевые облака, когда смотришь на них сверху, самолёта. Размеры гранул невелики по солнечным масштабам — до 1000—2000 км в поперечнике; межгранульные дорожки более узкие, примерно 300—600 км в ширину. На солнечном диске наблюдается одновременно около миллиона гранул.

Картина грануляции не является застывшей: одни гранулы исчезают, другие появляются. Каждая из них живёт не более 10 мин. Всё это напоминает кипение жидкости в кастрюле. Такое сравнение не случайно, поскольку физический процесс, ответственный за оба явления, один и тот же. Это конвекция — перенос тепла большими массами горячего вещества, которые поднимаются снизу, расширяясь и одновременно остывая.

Грануляция создаёт общий фон, на котором можно наблюдать гораздо более контрастные и крупные объекты — солнечные пятна и факелы.

ПЯТНА

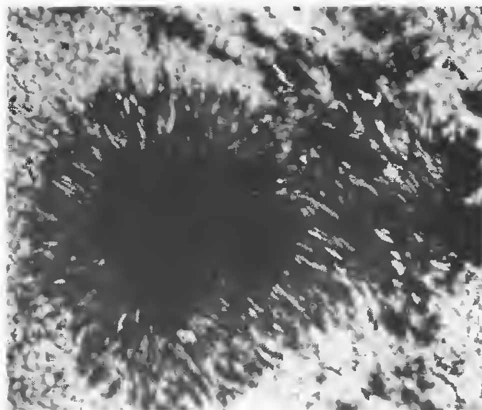
Солнечные пятна — это тёмные образования на диске Солнца. В телескоп видно, что крупные пятна имеют довольно сложное строение: тёмную область тени окружает полутень, диаметр которой более чем в два раза превышает размер тени. Если пятно наблюдается на краю солнечного диска, то создаётся впечатление, что оно похоже на глубокую тарелку. Происходит это потому, что газ в пятнах прозрачнее, чем в окружающей атмосфере, и взгляд проникает глубже.



Сравнительные размеры Солнца и Земли.

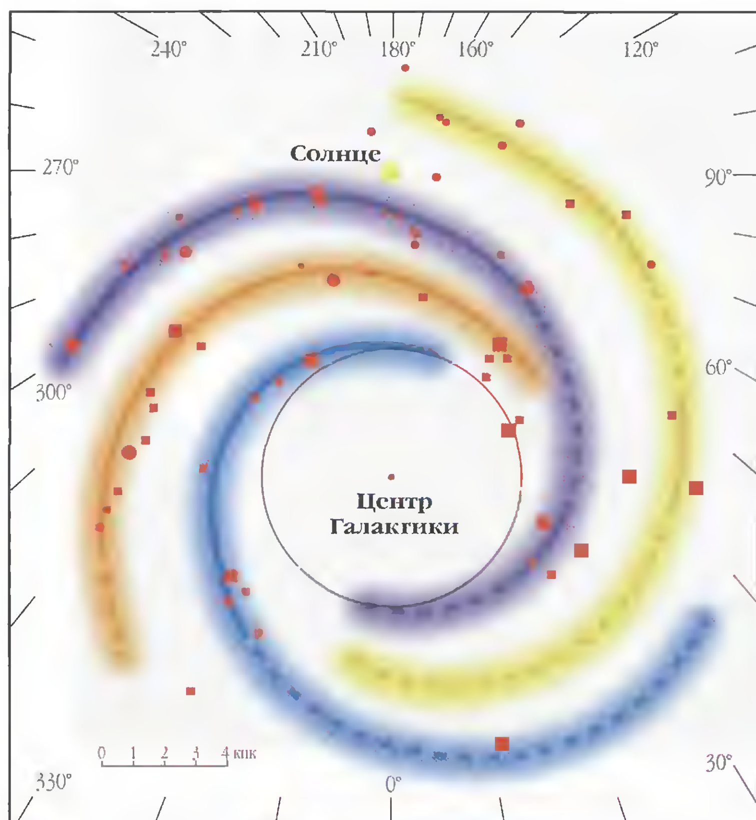
По величине пятна бывают очень разными — от малых, диаметром примерно 1000—2000 км, до гигантских, значительно превосходящих размеры нашей планеты. Отдельные пятна могут достигать в поперечнике 40 тыс. километров. А самое большое из наблюдавшихся пятен достигало 100 тыс. километров.

Установлено, что пятна — это места выхода в солнечную атмосферу сильных магнитных полей. Магнитные поля уменьшают поток энергии, идущий от недр светила к фотосфере, поэтому в месте их выхода на поверхность температура падает. Пятна



Солнечное пятно. Средняя тёмная часть — ядро. Оно окружено полутенью.





Спиральная структура нашей Галактики. Схема построена на основании выявленного распределения областей ионизованного водорода (отмечены кружками и квадратами). Солнце расположено между спиральными рукавами Стрельца и Персея.

ветвь, считающаяся ответвлением одного из основных спиральных рукавов Галактики.

Расстояние от Солнца до центра Галактики составляет 23—28 тыс. световых лет, или 7—9 тыс. парсек. Это говорит о том, что Солнце расположено посередине между центром и краем диска.

Вместе со всеми близкими звёздами Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью 200—220 км/с, совершая один оборот примерно за 200 млн лет. Значит, за всё время своего существования Земля облетела вокруг центра Галактики не больше 30 раз.

Скорость вращения Солнца вокруг центра Галактики практически совпадает с той скоростью, с которой в данном районе движется волна уплотнения, формирующая спиральный рукав. Такая ситуация в общем неординарна для Галактики: спиральные ветви вращаются с постоянной угловой скоростью, как спицы колеса, а движение звёзд, как мы видели, подчиняется совершенно иной закономерности. Поэтому почти всё звёздное население диска то попадает внутрь спиральных ветвей, то выходит из них. Единственное место, где скорости звёзд и рукавов совпадают, — это так называемая *коротационная окружность*. Именно вблизи неё и располагается Солнце!

Для Земли это обстоятельство крайне благоприятно. Ведь в спиральных ветвях происходят бурные процессы, порождающие мощное излучение, губительное для всего живого. И никакая атмосфера не могла бы от него защитить. Но наша планета существует в относительно спокойном месте Галактики и в течение сотен миллионов и миллиардов лет не испытывала катастрофического влияния космических катаклизмов. Может быть, именно поэтому на Земле могла сохраниться жизнь.

Долгое время положение Солнца среди звёзд считалось самым заурядным. Сегодня мы знаем, что это не так: в известном смысле оно привилегированное. И это нужно учитывать, рассуждая о возможности существования жизни в других частях нашей Галактики.



дения в любую точку неба. Его устанавливают неподвижно, а солнечные лучи направляются подвижной системой зеркал — целостатом.

Бывают горизонтальные и вертикальные (башенные) солнечные телескопы. Горизонтальный телескоп построить легче, так как все его детали находятся на горизонтальной оси. С ним и работать легче. Но у него есть один существенный недостаток. Солнце даёт много тепла, и воздух внутри телескопа сильно нагревается. Нагретый воздух движется вверх, более холодный — вниз. Эти встречные потоки делают изображение дрожащим и нерезким. Поэтому в последнее время строят в основном вертикальные солнечные телескопы. В них потоки воздуха движутся почти параллельно лучам света и меньше портят изображение.

Важным параметром телескопа является угловое разрешение, характеризующее его способность давать раздельные изображения двух близких друг к другу деталей. Например, разрешение в 1 угловую секунду (1″) означает, что можно различить два объекта, угол между которыми равен 1″ дуги. Видимый радиус Солнца составляет чуть меньше 1000″, а истинный — около 700 тыс. километров. Следовательно, 1″ на Солнце соответствует расстоянию немногим более 700 км. Лучшие фотографии Солнца, полученные на крупнейших инструментах, позволяют увидеть детали размером около 200 км.

Обычные солнечные телескопы предназначены в основном для наблюдения фотосферы. Чтобы наблюдать самые внешние и сильно разреженные, а потому слабо светящиеся слои солнечной атмосферы — солнечную корону, пользуются специальным инструментом. Он так и называется — *коронограф*. Изобрёл его французский астроном Бернар Лио́ в 1930 г.

В обычных условиях солнечную корону увидеть нельзя, так как свет от неё в 10 тыс. раз слабее света дневного неба вблизи Солнца. Можно воспользоваться моментами полных солнечных затмений, когда диск Солнца закрыт Луной. Но затмения бывают редко и порой в труднодоступных районах земного шара. Да и погода не всегда благоприятна. А продолжительность полной фазы затмения не превышает 7 мин. Коронограф же позволяет наблюдать корону вне затмения.

Чтобы удалить свет от солнечного диска, в фокусе объектива коронографа установлена искусственная «луна». Она представляет собой маленький конус с зеркальной поверхностью. Размер его чуть больше диаметра изображения Солнца, а вершина направлена к объективу. Свет отбрасывается конусом обратно в трубу телескопа или в особую световую «ловушку». А изображение солнечной короны строит дополнительная линза, которая находится за конусом.

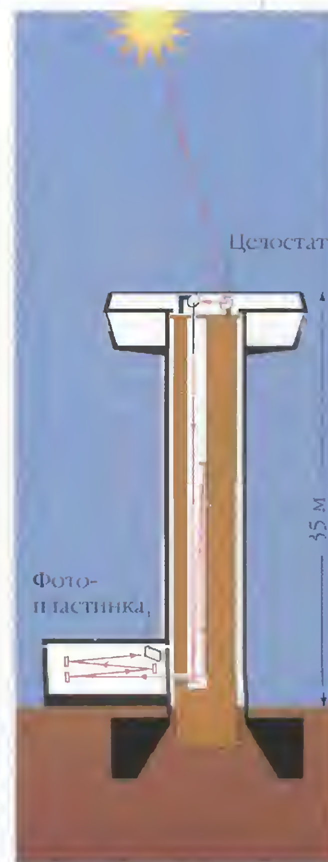
Кроме того, необходимо убрать рассеянный свет в телескопе. Самое важное — это хорошо отполированный линзовый объектив без дефектов



Солнечная обсерватория на Большом Медвежьем озере в Калифорнии (США).

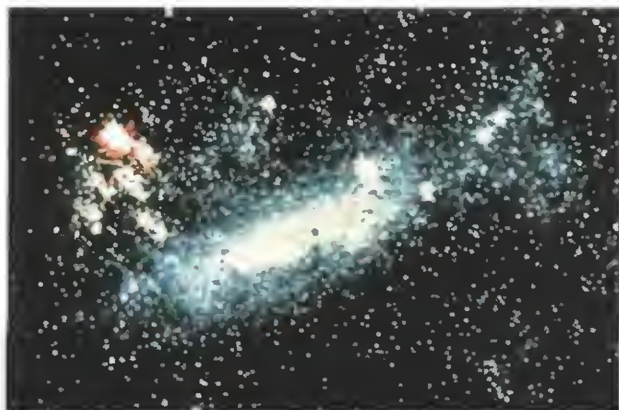






Башенный солнечный телескоп Медонской обсерватории (Франция). Вверху — устройство целостата. Справа — схема оптического хода лучей в телескопе.







▲
Большое Магелланово Облако — одна из самых близких к нам галактик.

▸▸
Эллиптическая галактика М 87 в созвездии Девы.

А Облака находятся неподалёку (на расстоянии около 20°)от южного полюса небесной сферы и образуют с ним примерно равносторонний треугольник. Такое положение сделало их объектами, удобными для ориентирования. Однако природа Облаков долго ещё оставалась загадкой.

Во время кругосветного путешествия Фернана Магеллана в 1519—1521 гг. его спутник и летописец Антонио Пигафетта описал Облака в своих путевых заметках, а после гибели знаменитого мореплавателя он предложил назвать Облака Магеллановыми — Большим и Малым.

Магеллановы Облака относятся к самым крупным видимым на небе астрономическим объектам. Большое Магелланово Облако (БМО) имеет протяжённость более 5°, т. е. 10 видимых диаметров Луны. Малое Магелланово Облако (ММО) — чуть более 2°. На фотографиях же, где удаётся зафиксировать и слабые внешние районы, размеры Облаков равны соответственно 10° и 6°. Если свет от БМО собрать в одну точку на небе, то получится объект, сравнимый по блеску с самыми яркими звёздами. Свет от БМО идёт к нам 200 тыс. лет, а от ММО — 170 тыс. лет.

При исследовании неба с помощью современных телескопов обнаружено множество галактик, похожих на Магеллановы Облака. Для них характерна неправильная, клочковатая форма. В таких галактиках содержится много газа — до 50% их общей массы. Этот тип называют *неправильными галактиками* и обозначают Ir (от *англ.* irregular — «неправильный»). К данному классу относятся около 5% всех известных звёздных систем.

Эллиптические галактики составляют 25% от общего числа галактик высокой светимости. Их принято обозначать буквой Е (от *англ.* elliptical — «эллиптический»), к которой добавляется цифра от 0 до 6, соответствующая степени уплощения системы (Е0 — «шаровые» галактики, Е6 — наиболее «сплюснутые»). На фотопластинках они выглядят как нерезкий круг или эллипс, яркость которого быстро спадает от центра. Цвет у эллиптических галактик красноватый, так как состоят они преимущественно из старых звёзд. Холодного газа в таких системах почти нет, но наиболее массивные из них заполнены очень разреженным горячим газом температурой более миллиона градусов.

Спиральные галактики по внешнему виду напоминают чечевицу или двояковыпуклую линзу. На галактическом диске заметен спиральный узор из двух или более (до десяти) закрученных в одну сторону ветвей, или рукавов, выходящих из центра галактики. Диск погружен в разреженное слабосветящееся сфероидальное облако звёзд — гало. К этому классу принадлежит половина всех наблюдаемых галактик. (Подробнее об их строении можно прочесть в статье «Наша Галактика и место Солнца в ней».)



накладываются друг на друга. Их разделяют при помощи призмы, которая преломляет свет перпендикулярно штрихам решётки. В результате получается спектр, порезанный на кусочки. Длину щели эшельного спектрографа делают очень маленькой — несколько миллиметров, и спектры поэтому получаются узкими.

Эшельный спектр представляет собой набор полосок, расположенных одна под другой и разделённых тёмными промежутками. Возможность использования высоких порядков спектра в эшельном спектрографе даёт преимущество в разрешающей силе, что очень важно при изучении тонкой структуры спектральных линий.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СОЛНЦА

Наше Солнце — это огромный светящийся газовый шар, внутри которого протекают сложные процессы и в результате непрерывно выделяется энергия. Внутренний объём Солнца можно разделить на несколько областей; вещество в них отличается по своим свойствам, и энергия распространяется посредством разных физических механизмов. Познакомимся с ними, начиная с самого центра.

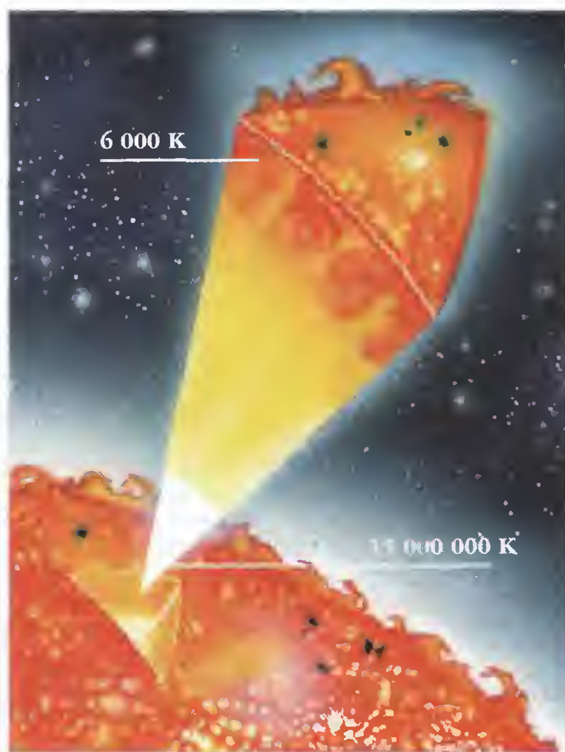
В центральной части Солнца находится источник его энергии, или, говоря образным языком, та «печка», которая нагревает его и не даёт ему остыть. Эта область называется ядром. Под тяжестью внешних слоёв вещество внутри Солнца сжато, причём чем глубже, тем сильнее. Плотность его увеличивается к центру вместе с ростом давления и температуры. В ядре, где температура достигает 15 млн кельвинов, происходит выделение энергии.

Эта энергия выделяется в результате слияния атомов лёгких химических элементов в атомы более тяжёлых. В недрах Солнца из четырёх атомов водорода образуется один атом гелия. Именно эту страшную энергию люди научились освобождать при взрыве водородной бомбы. Есть надежда, что в недалёком будущем человек сможет научиться использовать её и в мирных целях.

Ядро имеет радиус не более четверти общего радиуса Солнца. Однако в его объёме сосредоточена половина солнечной массы и выделяется практически вся энергия, которая поддерживает свечение Солнца.

Но энергия горячего ядра должна как-то выходить наружу, к поверхности Солнца. Существуют различные способы передачи энергии в зависимости от физических условий среды, а именно: лучистый перенос, конвекция и теплопроводность. Теплопроводность не играет большой роли в энергетических процессах на Солнце и звёздах, тогда как лучистый и конвективный переносы очень важны.

Сразу вокруг ядра начинается *зона лучистой передачи энергии*, где



Температура на поверхности и внутри Солнца.



Обозначают спиральные галактики буквой S. По степени структурности (развитости) спиральных ветвей и общей форме их подразделяют на типы, называемые *хаббловскими типами* — по имени американского астронома Эдвина Хаббла, предложившего классификацию галактик. Системы с гладкими, туго закрученными спиральными ветвями относят к типу Sa. В них центральная шарообразная часть (балдж) является яркой и протяжённой, а рукава — нечёткие, размытые. Если же спирали более мощные и чёткие, а центральная часть менее выделяется, то такие галактики принадлежат к типу Sb. Галактики с развитой клочковатой спиральной структурой, балдж которых слабо просматривается на общем фоне, относятся к типу Sc.

У некоторых спиральных систем в центральной части имеется почти прямая звёздная перемычка — *бар*. В этом случае к их обозначению после буквы S добавляется B (например, SBc).

Линзовидные галактики — это промежуточный тип между спиральными и эллиптическими. У них есть балдж, гало и диск, но нет спиральных рукавов. Такие галактики обозначаются S0. Среди всех звёздных систем их примерно 20%.

Встречаются среди галактик и *карликовые*, которые не вписываются в классификацию Хаббла. Они в несколько десятков раз меньше по размерам и массе, чем нормальные галактики. Но галактики-карлики отличаются от остальных не только величиной. Жизненный путь этих звёздных систем настолько своеобразен, что накладывает отпечаток и на свойства звёзд внутри галактик, и на свойства галактик в целом.

Открытие семейства карликовых галактик началось с 30-х гг. XX в. В те времена американский астроном Харлоу Шепли обнаружил два слабых, еле заметных скопления звёзд в созвездиях Скульптора и Печи (южное полушарие неба). Природа их оставалась неясной до тех пор, пока не были измерены расстояния до них. Слабые скопления звёзд оказались внегалактическими объектами, самостоятельными карликовыми звёздными системами очень низкой плотности. Это вызвало интерес к слабым галактикам с низкой поверхностной яркостью, и через некоторое время было известно уже множество карликовых галактик.

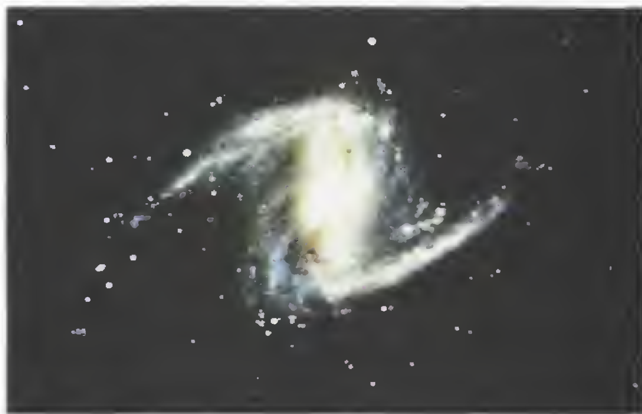
Карликовые галактики обозначают буквой d (от *англ.* dwarf — «карлик»). Их можно разделить на карликовые эллиптические dE, карликовые сфероидальные dSph (Sph — сокращение от *англ.* sphere — «шар»), карликовые неправильные dIr и карликовые голубые компактные галактики dBCG (здесь BCG — сокращение от *англ.* blue compact galaxies — «голубые компактные галактики»).

Карлики dE отличаются от нормальных эллиптических галактик главным образом размерами и массой. Это фактически те же эллиптические галактики, только с меньшим

Галактика M 104 (Сомбреро) в созвездии Девы.


Галактика с баром NGC 1365.





ОТКУДА БЕРЁТСЯ ЭНЕРГИЯ СОЛНЦА?

Почему Солнце светит и не остывает уже миллиарды лет? Какое «топливо» даёт ему энергию? Ответы на эти вопросы учёные искали веками, и только в начале XX в. было найдено правильное решение. Теперь известно, что Солнце, как и другие звёзды, светит благодаря протекающим в его недрах термоядерным реакциям. Что же это за реакции?

Если ядра атомов лёгких элементов сольются в ядро атома более тяжёлого элемента, то масса нового ядра окажется меньше, чем суммарная масса тех ядер, из которых оно образовалось. Остаток массы превращается в энергию, которую уносят частицы, освободившиеся в ходе реакции. Эта энергия почти полностью переходит в тепло. Такая реакция синтеза атомных ядер может происходить только при очень высоком давлении и температуре свыше 10 млн градусов. Поэтому она и называется термоядерной.

Основное вещество, составляющее Солнце, — водород, на его долю приходится около 71% всей массы светила. Почти 27% принадлежит гелию, а остальные 2% — более тяжёлым элементам, таким, как углерод, азот, кислород и металлы. Главным «топливом» на Солнце служит именно водород. Из четырёх атомов водорода в результате цепочки превращений образуется один атом гелия. А из каждого грамма водорода, участвующего в реакции, выделяется $6 \cdot 10^{11}$ Дж энергии! На Земле такого количества энергии хватило бы для того, чтобы нагреть от температуры 0° С до точки кипения 1000 м^3 воды!

Рассмотрим механизм термоядерной реакции превращения водорода в гелий, которая, по-видимому, наиболее важна для большинства звёзд. Называется она *протон-протонной*, так как начинается с тесного сближения двух ядер атомов водорода — протонов.

Протоны заряжены положительно, поэтому взаимно отталкиваются, причём, по закону Кулона, сила этого отталкивания обратно пропорциональна квадрату расстояния и при тесных сближениях должна стремительно возрастать. Однако при очень высоких температуре и давлении скорости теплового движения частиц столь велики, а частицам так тесно, что наиболее быстрые из них всё же сближаются друг с другом и оказываются в сфере влияния ядерных сил. В результате может произойти цепочка превращений, которая завершится возникновением нового ядра, состоящего из двух протонов и двух нейтронов, — ядра гелия.

Далеко не каждое столкновение двух протонов приводит к ядерной реакции. В течение миллиардов лет протон может постоянно сталкиваться с другими протонами, так и не дождавшись ядерного превращения. Но если в момент тесного сближения двух протонов произойдёт ещё и другое маловероятное для ядра событие — распад протона на нейтрон, позитрон и нейтрино (такой процесс называется *бета-распадом*), то протон с нейтроном объединятся в устойчивое ядро атома тяжёлого водорода — дейтерия.

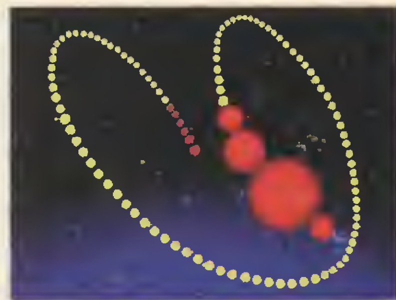
Ядро дейтерия (дейтон) по своим свойствам похоже на ядро водорода, только тяжелее. Но в отличие от последнего в недрах звезды ядро дейтерия долго существовать не может. Уже через несколько секунд, столкнувшись ещё с одним протоном, оно присоединяет его к себе, испускает мощный гамма-квант и становится ядром изотопа гелия, у которого два протона связаны не с двумя нейтронами, как у обычного гелия, а только с одним. Раз в несколько миллионов лет такие ядра лёгкого гелия сближаются настолько тесно, что могут объединиться в ядро обычного гелия, «отпустив на свободу» два протона.

Итак, в итоге последовательных ядерных превращений образуется ядро обычного гелия. Порождённые в ходе реакции позитроны и гамма-кванты передают энергию окружающему газу, а нейтрино совсем уходят из звезды, потому что обладают удивительной способностью проникать через огромные толщи вещества, не задев ни одного атома.

* * *

Реакция превращения водорода в гелий ответственна за то, что внутри Солнца сейчас гораздо больше гелия, чем на его поверхности. Естественно, возникает вопрос: что же будет с Солнцем, когда весь водород в его ядре выгорит и превратится в гелий, и как скоро это произойдёт?

Оказывается, примерно через 5 млрд лет содержание водорода в ядре Солнца настолько уменьшится, что его «горение» начнётся в слое вокруг ядра. Это приведёт к «раздуванию» солнечной атмосферы, увеличению размеров Солнца, падению температуры на поверхности и повышению её в ядре. Постепенно Солнце превратится в красный гигант — сравнительно холодную звезду огромного размера с атмосферой, превосходящей границы орбиты Земли. Жизнь Солнца на этом не закончится, и оно будет претерпевать ещё много изменений, пока в конце концов не станет холодным и плотным газовым шаром, внутри которого уже не происходит никаких термоядерных реакций.



Эволюция Солнца. Оно рождается из газопылевого облака и бо́льшую часть жизни существует в виде стабильной жёлтой звезды. Потом Солнце превращается последовательно в красный гигант и в белый карлик.





Галактики М 81 и М 82 в созвездии Большой Медведицы.

очередь стимулирует «эпидемию» звёздообразования в соседних участках галактики.

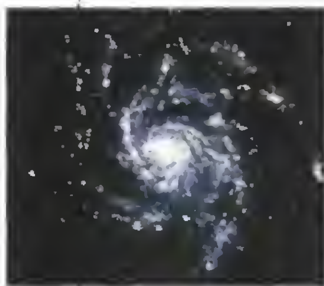
«Общественное положение» галактики зависит от её массы. Массивные, крупные «князья» и «бароны» окружены многочисленной свитой из галактик поменьше. Мелкие галактики при прохождении сквозь крупные подчас «платят дань», отдавая им частично или полностью свой строительный материал — газ. Если две галактики проходят достаточно близко друг от друга, то их гравитационные поля активно влияют на движение звёзд и газа в этих системах. В результате внешний вид галактик может претерпеть заметные изменения.

На фотографиях пар близких галактик или тесных групп галактик можно заметить, что их формы искажены, нередко наблюдаются хвосты и перемычки из газа и звёзд. Такие галактики называются *взаимодействующими*. Взаимодействие галактик часто вызывает вспышку звёздообразования, во время которой в отдельных очагах рождаются сотни миллионов звёзд. Наблюдаются также галактики-«каннибалы», разрушающие и «пожирающие» своих меньших соседей, затянутых в «паутину» гравитационного поля.

Взаимодействие галактик при определённых условиях приводит к тому, что часть газа в одной из них или в обеих попадает в самый центр, в ядро галактики. Это может привести к всплеску активности ядра — к выделению большого количества энергии в крошечной центральной области, сопоставимой по размеру с Солнечной системой. Галактики с активными ядрами очень часто встречаются среди имеющих близких спутников и среди взаимодействующих галактик (см. статьи «Галактики с активными ядрами» и «Взаимодействующие галактики»).

СПИРАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ

Спиральная галактика.



В 1845 г. английский астроном лорд Росс (Уильям Парсонс) с помощью телескопа со 180-сантиметровым металлическим зеркалом обнаружил целый класс «спиральных туманностей», самым ярким примером которых явилась туманность в созвездии Гончих Псов (М 51 по каталогу Ш. Мессье).

Природа этих туманностей была установлена лишь в первой половине XX столетия. В то время интенсивно проводились исследования по определению размеров нашей Галактики — Млечного Пути — и расстояний до некоторых туманностей, которые удалось разложить на звёзды. Выводы были противоречивы как в оценках расстояний до туманностей, так и в определении масштабов Галактики. Одни исследователи выносили звёздные туманности далеко за пределы нашей Галактики и называли их «островными вселенными», другие (и таких было большинство), наоборот, включали эти туманности в состав Млечного Пути.

Всё встало на свои места, когда в 20-х гг. в ближайших спиральных туманностях были обнаружены цефеиды, позволившие оценить расстояния до них.

Ещё в 1908 г. астроном Гарвардской обсерватории (США) Генриетта Ливитт обнаружила зависимость между периодом изменения блеска переменных звёзд класса цефеид и их светимостью. Это давало возможность по величине периода узнать



Периоды этих волн лежат в диапазоне примерно от 3 до 10 мин. Когда же они впервые были открыты, найденное значение периода составило примерно 5 мин. С тех пор все эти колебания называют «пятиминутные».

Скорости колебания солнечной поверхности очень малы — десятки сантиметров в секунду, и измерить их невероятно сложно. Но часто интересно не само значение скорости, а то, как оно меняется с течением времени (как волны проходят по поверхности). Допустим, человек находится в помещении с плотно зашторенными окнами; на улице солнечно, но в комнате полумрак. И вдруг едва заметное движение воздуха чуть сдвигает штору, и в глаза ударяет ослепляющий солнечный луч. Лёгкий ветерок вызывает столь сильный эффект! Примерно так же измеряют учёные малейшие изменения лучевой скорости солнечной поверхности. Роль шторы играют линии поглощения в спектре Солнца (см. статью «Анализ видимого света»). Прибор, измеряющий яркость солнечного света, настраивается так, чтобы он пропускал лишь свет с длиной волны точно в центре какой-либо узкой линии поглощения. Тогда при малейшем изменении длины волны на вход прибора попадёт не тёмная линия, а яркий соседний участок непрерывного спектра. Но это ещё не всё.

Чтобы измерить период волны с максимальной точностью, её нужно наблюдать как можно дольше, причём без перерывов, иначе потом нельзя будет определить, какая это волна — та же самая или уже другая. А Солнце каждый вечер скрывается за горизонтом, да ещё тучи время от времени набегают...

Первое решение проблемы состояло в наблюдениях за Южным полярным кругом — там Солнце летом не заходит за горизонт неделями и к тому же больше ясных дней, чем в Заполярье. Однако налаживать работу астрономов в Антарктиде сложно и дорого. Другой предложенный путь более очевиден, но ещё более дорог: наблюдения из космоса. Такие наблюдения иногда проводятся как побочные исследования (например, на отечественных «Фóбосах», пока они летели к Марсу). В конце 1995 г. был запущен международный спутник SOHO (Solar and Heliospheric Observatory), на котором установлено множество приборов, разработанных учёными разных стран.



Космический аппарат «Фобос». Во время полёта к Марсу с него проводились исследования колебаний Солнца.

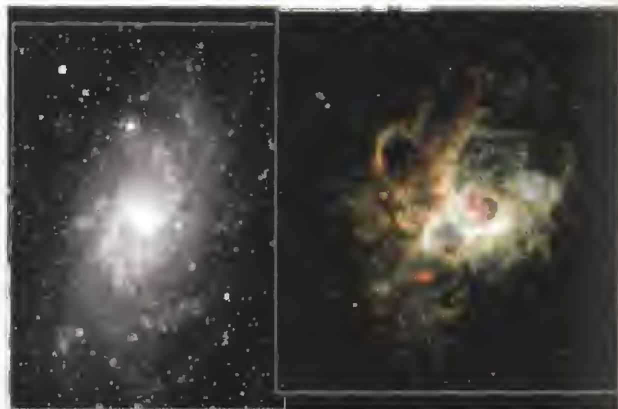
Но бóльшую часть наблюдений по-прежнему проводят с Земли. Чтобы избежать перерывов, связанных с ночами и плохой погодой, Солнце наблюдают с разных континентов. Ведь когда в Восточном полушарии ночь, в Западном — день, и наоборот. Современные методы позволяют представить такие наблюдения как один непрерывный ряд. Немаловажное условие для этого — чтобы телескопы и приборы были одинаковыми. Подобные наблюдения проводят в рамках крупных международных проектов.

Что же удалось узнать о Солнце, изучая эти необычные, беззвучные звуковые волны? Сначала представления об их природе не сильно отличались от того, что было известно о колебаниях земной коры. Учёные представляли себе, как процессы на Солнце (например, грануляция) возбуждают эти волны, и они бегут по поверхности нашего светила, словно морские волны по водной глади.

Но в дальнейшем обнаружился очень интересный факт: оказалось, что некоторые волны в разных частях солнечного диска связаны между собой (физики говорят: имеют одну фазу). Это можно представить себе так, будто вся поверхность покрыта равномерной сеткой волн, но в некоторых местах она не видна, а в других — отчётливо проявляется. Получается, что разные области имеют тем не менее согласованную картину







▲
Спиральная галактика М 33 в созвездии Треугольника.

▶▶
Газовая туманность NGC 604 в галактике М 33.

последующее сжатие газовых облаков и тем самым стимулирует рождение новых звёзд. Поэтому спиральные ветви являются местом интенсивного звёздообразования.

Спиральные ветви — это волны плотности, бегущие по вращающемуся диску. Поэтому через некоторое время звезда, родившаяся в спирали, оказывается вне её. У самых ярких и массивных звёзд очень короткий срок жизни, они сгорают, не успев покинуть спиральную ветвь. Менее массивные звёзды живут долго и доживают свой век в межспиральном пространстве диска.

Маломассивные жёлтые и красные звёзды, составляющие балдж, намного старше звёзд, концентрирующихся в спиральных ветвях. Эти звёзды родились ещё до того, как сформировался галактический диск. Возникнув в центре протогалактического облака, они уже не могли быть вовлечены в сжатие к плоскости галактики и потому образуют шарообразную структуру.

На фотографии поразительной по красоте галактики М 51, называемой Водоворотом, видна на конце одной из спиральных ветвей небольшая галактика-спутник. Она обращается вокруг материнской галактики. Удалось построить компьютерную модель образования этой системы. Предполагается, что маленькая галактика, пролетая вблизи большой, привела к сильным гравитационным (приливным) возмущениям её диска. В результате в диске большой галактики создаётся волна плотности спиральной формы. Звёзды, рождающиеся в спиральных ветвях, делают эти ветви яркими и чёткими.

Балдж и диск галактики погружены в массивное гало. Некоторые исследователи предполагают, что основная масса гало заключена не в звёздах, а в несветящемся (скрытом) веществе, состоящем либо из тел с массой, промежуточной между массами звёзд и планет, либо из элементарных частиц, существование которых предсказывают теоретики, но которые ещё предстоит открыть. Проблема природы этого вещества — скрытой массы — сейчас занимает умы многих учёных, и её решение может дать ключ к природе вещества во Вселенной в целом.

Галактика M51 (Водоворот) в созвездии Гончих Псов.



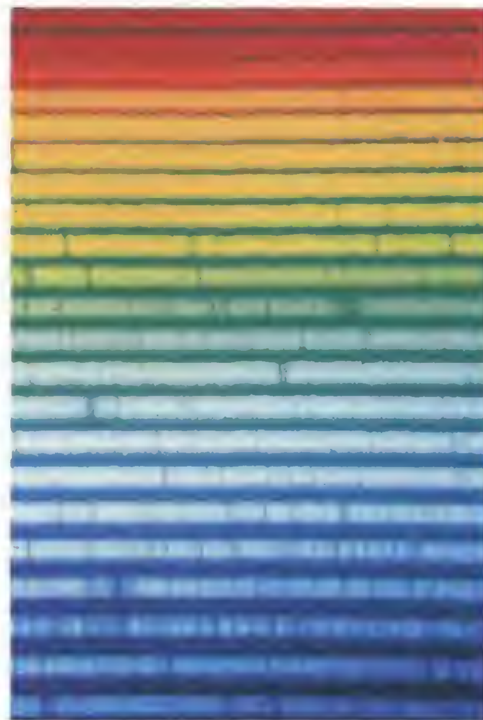


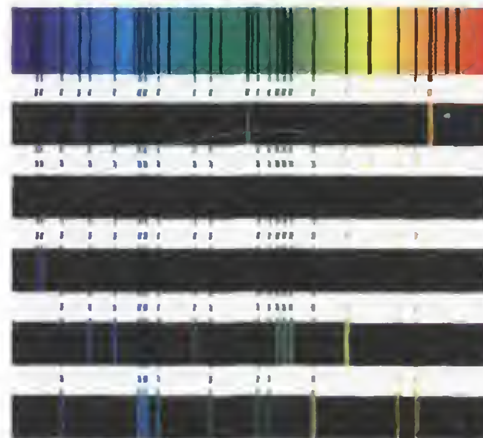
слоях фотосферы сохраняется относительно немного простейших молекул и радикалов типа H_2, OH, CH.

Особую роль в солнечной атмосфере играет не встречающийся в земной природе отрицательный ион водорода, который представляет собой протон с двумя электронами. Это необычное соединение возникает в тонком внешнем, наиболее «холодном» слое фотосферы при «налипании» на нейтральные атомы водорода отрицательно заряженных свободных электронов, которые поставляются легко ионизуемыми атомами кальция, натрия, магния, железа и других металлов. При возникновении отрицательные ионы водорода излучают бо́льшую часть видимого света. Этот же свет ионы жадно поглощают, из-за чего непрозрачность атмосферы с глубиной быстро растёт. Поэтому видимый край Солнца и кажется нам очень резким.

Почти все наши знания о Солнце основаны на изучении его спектра — узенькой разноцветной полоски, имеющей ту же природу, что и радуга. Впервые, поставив призму на пути солнечного луча, такую полоску получил Ньютон и воскликнул: «Спектрум!» (*лат.* spectrum — «видение»). Позже в спектре Солнца заметили тёмные линии и сочли их границами цветов. В 1815 г. немецкий физик Йозеф Фраунгофер дал первое подробное описание таких линий в солнечном спектре, и их стали называть его именем. Оказалось, что фраунгоферовы линии соответствуют узким участкам спектра, которые сильно поглощаются атомами различных веществ (см. статью «Анализ видимого света»).

В телескоп с большим увеличением можно наблюдать тонкие детали фотосферы: вся она кажется усыпанной мелкими яркими зёрнышками — гранулами, разделёнными сетью узких тёмных дорожек. Грануляция является результатом перемешивания всплывающих более тёплых потоков газа и опускающихся более холодных. Разность температур между ними в наружных слоях сравнительно невелика (200—300 К), но глубже, в конвективной зоне, она больше, и перемешивание происходит значительно интенсивнее. Конвекция во внешних слоях Солнца играет огромную роль, определяя общую структуру атмосферы. В конечном счёте именно конвекция в результате сложного взаимодействия с солнечными магнитными полями является причиной всех многообразных проявлений солнечной активности.





Спектр Солнца. Вверху — общий вид спектра (для удобства разрезан на части); внизу — соответствие линий солнечного спектра линиям разных химических элементов.





Ядерная область сейфертовской галактики NGC 1068, удалённой от нас на расстояние около 60 млн световых лет. Изображение получено на Хаббловском космическом телескопе в свете одной из эмиссионных линий горячего газа. Самые мелкие детали изображения имеют размер в несколько десятков световых лет. Интенсивное ультрафиолетовое излучение, ионизующее газ, исходит широким конусом из центрального источника, закрытого от нас плотным газопылевым диском. Видна сложная структура газовой среды вблизи ядра галактики, «выхваченная» этим мощным направленным лучом природного прожектора.

нашей Галактики. Но эта огромная энергия выделяется в области диаметром около 1 пк — меньше, чем расстояние от Солнца до ближайшей звезды! Мощность излучения света (оптическая светимость) значительно ниже, хотя и достигает 10^{34} Вт. Основная часть энергии излучается обычно в инфракрасном диапазоне.

Что же служит источником энергии для столь бурной активности? Что за «реактор», занимающий менее 1 пк, вырабатывает столько энергии? Окончательного ответа пока не знает никто, но в результате длительной работы теоретиков и наблюдателей разработано несколько наиболее вероятных моделей.

Первой была выдвинута гипотеза, что в центре галактики находится плотное массивное скопление молодых звёзд. В таком скоплении часто должны происходить взрывы сверхновых. Эти взрывы могут объяснить и наблюдаемые выбросы вещества из ядер, и переменность излучения.

Вторая модель была предложена в конце 60-х гг. отчасти по аналогии с тогда только открытыми пульсарами. Согласно этой версии, источником активности ядра служит сверхмассивный звездоподобный объект (газовый шар) с мощным магнитным полем — так называемый *магнитоид*.

Третья модель связана с таким загадочным объектом, как чёрная дыра. Предполагается наличие чёрной дыры массой в десятки или сотни миллионов масс Солнца в центре галактики. В результате аккреции (падения) вещества на чёрную дыру выделяется огромное количество энергии. При падении в гравитационном поле чёрной дыры вещество разгоняется до скоростей, близких к скорости света. Затем при столкновении газовых масс вблизи чёрной дыры энергия движения преобразуется в излучение электромагнитных волн.

Спектральные наблюдения на Хаббловском космическом телескопе и крупных наземных телескопах подтвердили наличие больших масс несветящегося вещества в ядрах целого ряда галактик. Это хорошо согласуется с предположением, что причиной активности ядер являются массивные чёрные дыры. Чёрные дыры массой более миллиона масс Солнца могут иметься у значительной части галактик. Есть наблюдательные свидетельства существования чёрных дыр в ядрах нашей Галактики и туманности Андромеды. Но поскольку их масса сравнительно невелика, активность ядер слабая.

Для понимания природы активных ядер важно учитывать и эффекты, связанные со взаимодействием галактик. Когда две галактики проходят вблизи друг друга, их структура может претерпеть значительные изменения. В частности, если в самый центр галактики попадёт большое количество газа, он стимулирует активность ядра. Поэтому среди сильно взаимодействующих галактик особенно часто встречаются галактики с активными ядрами.

ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ

В середине XX столетия крупные телескопы позволили астрономам исследовать положения и формы десятков тысяч слабых галактик. Обращало на себя внимание, что часть галактик (5—10%) имеет весьма странный, искажённый вид, так что их иногда трудно отнести к какому-то морфологическому типу. Некоторые из них выглядят сильно асимметричными, словно помятыми. Иногда две галактики окружены общим светящимся звёздным туманом либо связаны звёздной или газовой перемычкой. А в отдельных случаях от галактик отходят длинные хвосты, протянувшиеся на сотни тысяч световых лет в межгалактическое пространство.

Некоторые системы отличаются сложным характером внутренних





◄ Хромосфера Солнца, наблюдаемая во время полного солнечного затмения.

Часто во время затмений (а при помощи специальных спектральных приборов — и не дожидаясь затмений) над поверхностью Солнца можно наблюдать причудливой формы «фонтаны», «облака», «воронки», «кусты», «арки» и прочие ярко светящиеся образования из хромосферного вещества. Они бывают неподвижными или медленно изменяющимися, окружёнными плавными изогнутыми струями, которые втекают в хромосферу или вытекают из неё, поднимаясь на десятки и сотни тысяч километров. Это самые грандиозные образования солнечной атмосферы — *протуберанцы*. При наблюдении в красной спектральной линии, излучаемой атомами водорода, они кажутся на фоне солнечного диска тёмными, длинными и изогнутыми волокнами.

Протуберанцы имеют примерно ту же плотность и температуру, что и хромосфера. Но они находятся над ней и окружены более высокими, сильно разреженными верхними слоями солнечной атмосферы. Протуберанцы не падают в хромосферу потому, что их вещество поддерживается магнитными полями активных областей Солнца.

Впервые спектр протуберанца вне затмения наблюдали французский астроном Пьер Жансен и его английский коллега Джозеф Локьер в 1868 г. Щель спектроскопа располагают так, чтобы она пересекала край Солнца, и если вблизи него находится протуберанец, то можно заметить спектр его излучения. Направляя щель на различные участки протуберанца или хромосферы, можно изучить их по частям. Спектр протуберанцев, как и хромосферы, состоит из ярких линий, главным образом водорода, гелия и кальция. Линии излучения других химических элементов тоже присутствуют, но они намного слабее.

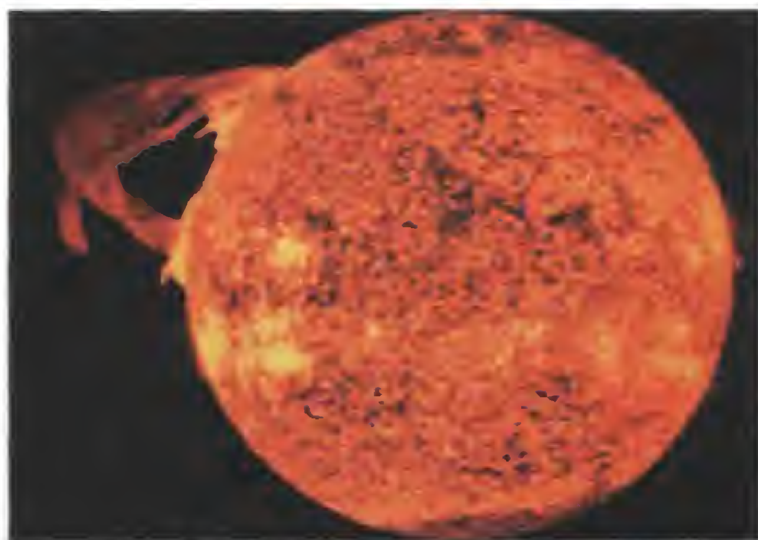
Некоторые протуберанцы, пробыв долгое время без заметных изменений, внезапно как бы взрываются, и вещество их со скоростью в сотни километров в секунду выбрасывается в межпланетное пространство. Вид хромосферы также часто меняется, что указывает на непрерывное движение составляющих её газов.

Иногда нечто похожее на взрывы происходит в очень небольших по размеру областях атмосферы Солнца. Это так называемые *хромосферные вспышки*. Они длятся обычно несколько десятков минут. Во время вспышек в спектральных линиях водорода, гелия, ионизованного кальция и некоторых других элементов свече-

Солнечные протуберанцы.

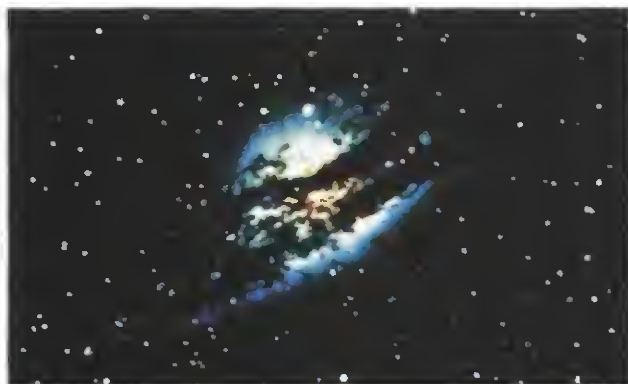


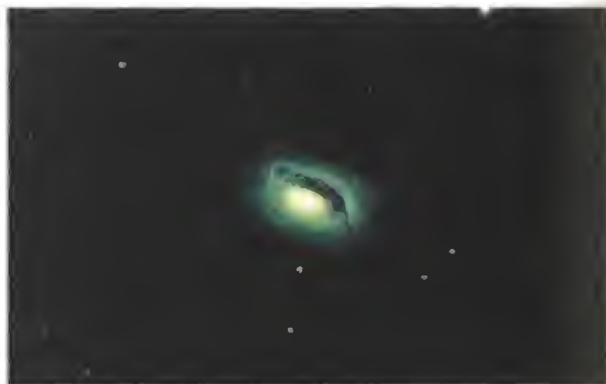




Протуберанец в ультрафиолетовых лучах.







▲
Центавр А — галактика с активным ядром. Это ближайшая к нам радиогалактика.

▶▶
Галактика М 64 (Бьюти Ай). В ней обнаружены две системы газа (внутренняя и внешняя), вращающиеся в противоположные стороны.

эллиптической системы с дисковой (скорее всего спиральной), межзвёздный газ которой образовал гигантский газопылевой диск. Он расположен к нам ребром и поэтому виден на фотографиях как тёмная полоса, пересекающая галактику. Ещё более интересный случай — галактика М 64, где, по-видимому, слились две дисковые галактики с различным направлением вращения. В итоге во внутренней части этой системы возник газопылевой диск, вращающийся в направлении, противоположном вращению звёздного диска. Небольшие газопылевые диски — вероятные остатки богатых газом галактик, поглощённых когда-то массивным соседом, — найдены и у целого ряда эллиптических звёздных систем.

Можно предположить, что миллиарды лет назад взаимодействие и слияния галактик происходили значительно чаще — ведь многие галактики уже успели к настоящему времени слиться в единые системы. И действительно, проведённые на Хаббловском космическом телескопе наблюдения далёких и слабых галактик, свет от которых летел к нам миллиарды лет, показали, что среди них повышена доля искажённых, взаимодействующих систем.

Взаимодействие галактик не ограничивается простым изменением их структуры или типа. Влияние друг на друга даже сравнительно далёких галактик часто приводит к вспышке звёздообразования в одной из них или в обеих.

Объяснить это явление опять-таки помогло компьютерное моделирование. Как оказалось, приливное взаимодействие галактик способствует формированию массивных облаков газа. Кроме того, относительные скорости облаков возрастают, и они чаще сталкиваются друг с другом. Именно эти процессы во многом определяют интенсивность рождения звёзд.

Наконец, среди взаимодействующих галактик довольно много систем с активными ядрами (см. статью «Галактики с активными ядрами»). По современным представлениям, для активности ядра требуются массивный компактный объект в центре галактики (по-видимому, такими объектами являются чёрные дыры массой в сотни миллионов или миллиарды масс Солнца) и газ, который может свободно падать на него. Но вращение межзвёздного газа в галактике препятствует его попаданию в центр. И тут воздействие со стороны соседней галактики может сыграть решающую роль. Её гравитационное поле меня-

Квинтет Стефана. Система близко расположенных взаимодействующих галактик.





снимках её структуру можно проследить до расстояний во много солнечных радиусов.

Уже первые удачные фотографии позволили обнаружить в короне большое количество деталей: корональные лучи, всевозможные «дуги», «шлемы» и другие сложные образования, чётко связанные с активными областями.

Главной особенностью короны является лучистая структура. Корональные лучи имеют самую разнообразную форму: иногда они короткие, иногда длинные, бывают лучи прямые, а иногда они сильно изогнуты.

Ещё в 1897 г. пулковский астроном Алексей Павлович Ганский обнаружил, что общий вид солнечной короны периодически меняется. Оказалось, что это связано с 11-летним циклом солнечной активности.

С 11-летним периодом меняется как общая яркость, так и форма солнечной короны. В эпоху максимума солнечных пятен она имеет сравнительно округлую форму. Прямые и направленные вдоль радиуса Солнца лучи короны наблюдаются как у солнечного экватора, так и в полярных областях. Когда же пятен мало, корональные лучи образуются лишь в экваториальных и средних широтах. Форма короны становится вытянутой. У полюсов появляются характерные короткие лучи, так называемые полярные щёточки. При этом общая яркость короны уменьшается. Эта интересная особенность короны, по-видимому, связана с постепенным перемещением в течение 11-летнего цикла зоны преимущественного образования пятен. После минимума пятна начинают возникать по обе стороны от экватора на широтах 30—40°. Затем зона пятнообразования постепенно опускается к экватору.

Тщательные исследования позволили установить, что между структурой короны и отдельными образованиями в атмосфере Солнца существует определённая связь. Например, над пятнами и факелами обычно наблюдаются яркие и прямые корональные лучи. В их сторону изгибаются соседние лучи. В основании корональных лучей яркость хромосферы увеличивается. Такую её область называют обычно возбуждённой. Она горячее и плотнее соседних, невозбуждённых областей. Над пятнами в короне наблюдаются яркие сложные образования. Протуберанцы также часто бывают окружены оболочками из корональной материи.

Корона оказалась уникальной естественной лабораторией, в которой можно наблюдать вещество в самых необычных и недостижимых на Земле условиях.

На рубеже XIX—XX столетий, когда физика плазмы фактически ещё не существовала, наблюдаемые особенности короны представлялись необъяснимой загадкой. Так, по цвету корона удивительно похожа на Солнце, как будто его свет отражается зеркалом. При этом, однако, во внутренней короне совсем исчезают характерные для солнечного спектра фраунгоферовы линии. Они вновь появляются далеко от края Солнца, во внешней короне, но уже очень слабые. Кроме того, свет короны поляризован: плоскости, в которых колеблются световые волны, располагаются в основном касательно к солнечному диску. С удалением от Солнца доля поляризованных лучей сначала увеличивается (почти до 50%), а затем уменьшается. Наконец, в спектре короны появляются яркие эмиссионные линии, которые почти до середины XX в. не удавалось отождествить ни с одним из известных химических элементов.

Оказалось, что главная причина всех этих особенностей короны — высокая температура сильно разреженного газа. При температуре свыше



Хромосферная вспышка на Солнце (последовательно сделанные снимки).

называют *тёмным гало*. С его учётом масса гигантских спиральных систем типа Млечного Пути оказывается равной примерно 10^{12} массам Солнца, тогда как вещества, заключённого в звёздах, в несколько раз меньше.

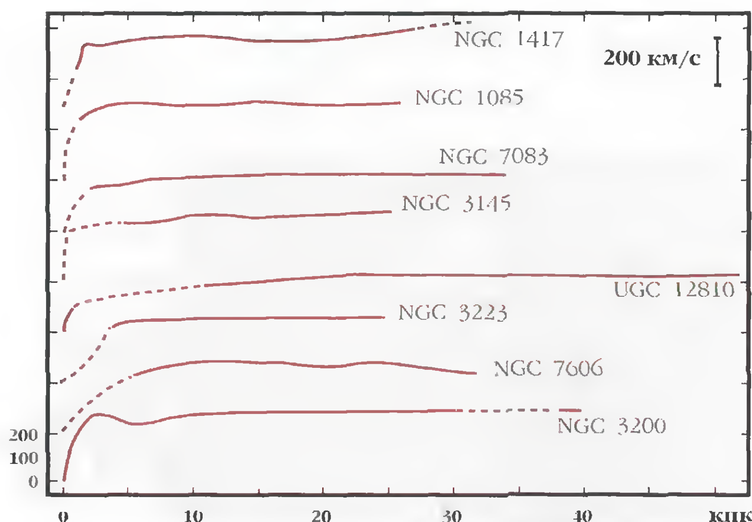
В 70-х гг. методами рентгеновской астрономии был открыт горячий межгалактический газ, особенно заметный в скоплениях галактик. Его температура достигает десятков миллионов градусов. По значению температуры можно оценить характеристики гравитационного поля, в котором находится газ, а следовательно, и полную массу вещества, являющегося источником этого поля. Уже первые результаты рентгеновских наблюдений горячего газа в скоплениях галактик подтвердили присутствие в них скрытой массы, не входящей в состав отдельных галактик.

Ещё одно прямое указание на скрытую массу удалось получить при изучении движения Местной группы галактик. (В Местную группу входят наша Галактика и её ближайшие соседи.) В середине 80-х гг. по результатам очень успешной миссии космической инфракрасной обсерватории ИРАС (IRAS) было установлено, что движение Местной группы в пространстве направлено в ту сторону, где сосредоточено большое количество галактик. В этом нет ничего удивительного, ведь по закону всемирного тяготения большая масса должна притягивать окружающие галактики и группы галактик. Но вот измеренная скорость движения оказалась слишком высокой (более 600 км/с), чтобы её можно было объяснить гравитационным действием наблюдаемых галактик. Это свидетельствовало о присутствии скрытой массы между галактиками.

Наконец, наблюдения слабых галактик, проведённые с помощью чувствительных детекторов излучения — ПЗС-матриц, — позволили не просто подтвердить наличие скрытой массы, но и «картографировать» её распределение в скоплениях галактик. Речь идёт о методе так называемого *гравитационного линзирования*, идею которого впервые выдвинул Цвикки ещё в 1937 г. Метод этот основан на том, что гравитация скопления галактик «работает» как собирающая линза. Она позволяет получить изображения слабых галактик (как правило, 25—28-й звёздной величины), находящихся далеко за самим скоплением. При этом изображения галактик становятся ярче и искажаются, вытягиваясь в дуги разной длины с центром, совпадающим с центром скопления. Анализируя такие изображения, можно восстановить распределение плотности в «линзе», т. е. в скоплении галактик. Оказалось, что создающая тяготение материя простирается далеко за пределы видимой части скопления.

Сегодня мы можем достаточно уверенно заключить: Вселенная в основном заполнена невидимым веществом. Оно образует протяжённые гало галактик и заполняет межгалактическое пространство, концентрируясь к скоплениям галактик.

Какова же природа невидимого вещества? Этот вопрос ещё далёк от разрешения. Возможно, скрытая масса создаётся не открытыми пока элементарными частицами. Дело в том, что, согласно современной теории горячей Вселенной, максимально возможная масса барионов (протонов и нейтронов — частиц, из которых состоят атомные ядра всех химических элементов) не превышает 10% от



Графики изменения скоростей вращения газа в галактиках в зависимости от расстояния до центра.



энергией 10^6—10^9 электронвольт (эВ). Их называют *солнечными космическими лучами*. Расстояние от Солнца до Земли — 150 млн километров — наиболее энергичные из этих частиц покрывают всего за 10—15 мин. Основным источником солнечных космических лучей являются хромосферные вспышки.

По современным представлениям, вспышка — это внезапное выделение энергии, накопленной в магнитном поле активной зоны. На определённой высоте над поверхностью Солнца возникает область, где магнитное поле на небольшом протяжении резко меняется по величине и направлению. В какой-то момент силовые линии поля внезапно «пересоединяются», конфигурация его резко меняется, что сопровождается ускорением заряженных частиц до высокой энергии, нагревом вещества и появлением жёсткого электромагнитного излучения. При этом происходит выброс частиц высокой энергии в межпланетное пространство и наблюдается мощное излучение в радиодиапазоне.

Хотя «принцип действия» вспышки учёные, по-видимому, поняли правильно, детальной теории вспышек пока нет.

ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

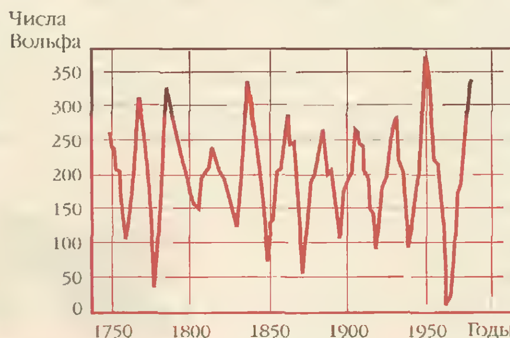
Число пятен на диске Солнца не является постоянным, оно меняется как день ото дня, так и в течение более длительных промежутков времени. Немецкий астроном-любитель Генрих Швабе, который 17 лет вёл систематические наблюдения солнечных пятен, заметил: их количество убывает от максимума к минимуму, а затем увеличивается до максимального значения за период около 10 лет. При этом в максимуме на солнечном диске можно видеть 100 и более пятен, тогда как в минимуме — всего несколько, а иногда в течение целых недель не наблюдается ни одного. Сообщение о своём открытии Швабе опубликовал в 1843 г.

Швейцарский астроном Рудольф Вольф уточнил, что средний период изменения числа пятен составляет не 10, а 11 лет. Он же предложил для количественной оценки активности Солнца использовать условную величину, называемую с тех пор *числом Вольфа*. Оно определяется как сумма общего количества пятен на Солнце (f) и удесятерённого числа групп пятен (g), причём изолированное одиночное пятно тоже считается группой:

$$W = f + 10g.$$

Цикл солнечной активности называют 11-летним во всех учебниках и популярных книгах по астрономии. Однако Солнце любит поступать по-своему. Так, за последние 50 лет промежуток между максимумами составлял в среднем 10,4 года. Вообще же за время регулярных наблюдений Солнца указанный период менялся от 7 до 17 лет. И это ещё не всё. Проанализировав наблюдения пятен с начала телескопических исследований, английский астроном Уолтер Маундер в 1893 г. пришёл к выводу, что с 1645 по 1715 г. на Солнце вообще не было пятен! Это заключение подтвердилось в последующих работах; мало того, выяснилось, что подобные «отпуска» Солнце брало и в более далёком прошлом. Кстати, именно на «маундеровский минимум» пришёлся период самых холодных зим в Европе за последнее тысячелетие.

На этом сюрпризы солнечных циклов не кончаются. Ведущее пятно в группе (первое по направлению вращения Солнца) обычно имеет одну полярность (например, северную), а замыкающее — противоположную (южную), и это правило выполняется для всех групп пятен в одном полушарии Солнца. В другом полушарии картина обратная: ведущие пятна в группах будут иметь южную полярность, а замыкающие — северную. Но, оказывается, при появлении пятен нового поколения (следующего цикла) полярность ведущих пятен меняется на противоположную! Лишь в циклах через один ведущие пятна обретают прежнюю полярность. Так что «истинный» солнечный цикл с возвращением прежней магнитной полярности ведущих пятен в действительности охватывает не 11, а 22 года (конечно, в среднем).



Циклы солнечной активности.



Почему же искривляются световые лучи? Дело в том, что порция света — фотон — формально может рассматриваться как частица, обладающая массой. Поэтому вблизи притягивающего тела траектория фотона должна отклоняться от прямой линии. Этот эффект впервые был обнаружен английским астрофизиком Артуром Эддингтоном в 1919 г.: во время полного солнечного затмения он наблюдал звёзды, которые оказались дальше от диска Солнца, чем должны были бы быть, если бы свет от них распространялся по прямой. Угол, на который фотоны отклонялись в поле тяготения Солнца, в точности соответствовал предсказаниям теории относительности Эйнштейна.

В 1937 г. Фриц Цвикки предложил использовать явление гравитационной линзы, создаваемой скоплениями галактик, для наблюдений далёких объектов, расположенных позади скоплений. Однако задача поиска слабых искажений в изображениях далёких источников оказалась настолько сложной, что лишь в 1979 г. была открыта первая гравитационная линза: изображение квазара Q 0957 + 561 имело своего двойника с тем же спектром и красным смещением. Позже удалось увидеть и саму линзу — гигантскую галактику, оказавшуюся на пути между квазаром и нами.

Сейчас известно уже несколько надёжно установленных гравитационных линз. В основном наблюдаются далёкие квазары, изображения которых «размножены» попадающими на луч зрения близкими галактиками. Почему квазары? Это одни из самых далёких и ярких объектов во Вселенной, а значит, наблюдать явление гравитационной линзы для них намного проще. Ведь чем дальше от нас находится объект, тем больше вероятность того, что на луче зрения попадётся какая-нибудь галактика.

В общем случае расстояния, которые проходит свет от разных изображений одного и того же объекта до наблюдателя, неодинаковы. Поскольку, как правило, излучение от реальных астрономических источников (в частности, от квазаров) переменно, то по задержке переменности излучения от разных изображений можно измерять расстояния до линзирующей галактики и до самого источника.

В конце 80-х гг. стали наблюдаться гравитационные линзы на скоплениях галактик (реализовалась идея Цвикки!). При этом было обнаружено, что изображения слабых голубых галактик, находящихся за линзирующим скоплением, имеют вытянутые дугообразные формы. По характеру искажения можно судить о распределении вещества в скоплении и о его полной массе.

▸ Скопление галактик как гравитационная линза. Изображения более далёких галактик, видимых сквозь скопление, растянуты в отрезки дуг.



В 90-х гг. стало возможным с высокой точностью измерять световые потоки одновременно от огромного количества (миллионов и десятков миллионов) звёзд. Наступил новый этап в применении гравитационных линз в астрономии. Речь идёт о явлении, получившем название *микролинзирование*.

Когда в качестве линзы выступает галактика или скопление галактик, свет проходит сквозь саму линзу. А если линза — компактное непрозрачное тело, например холодный белый карлик или нейтронная звезда? Можно показать, что чем компактнее тело при данной массе, тем сильнее будут отклоняться лучи света (чёрная дыра в этом смысле является наиболее сильной гравитационной линзой). Для астрономических компактных непрозрачных гравитационных линз (их называют *микролинзами*) это означает, что при достаточно близком расположении линзы к лучу зрения изображение может сильно исказиться, а его блеск — возрасти.

Теперь представим себе, что мы наблюдаем небольшую область неба, усеянную миллионами звёзд, напри-

Крест Эйнштейна. Эффект гравитационного линзирования создаёт четыре изображения одного и того же квазара.







ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

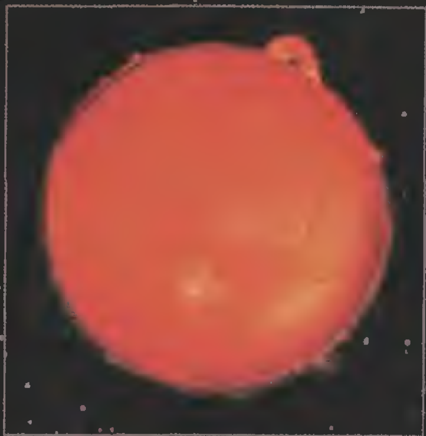
КАК УСТРОЕНА СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Солнечная система — это спаянная силами взаимного притяжения система небесных тел. В неё входят: центральное тело — Солнце, 9 больших планет с их спутниками (которых сейчас известно уже больше 60), несколько тысяч малых планет, или астероидов (открыто свыше 5 тыс., в действительности их гораздо больше), несколько сот наблюдавшихся комет и бесчисленное множество метеорных тел.

Большие планеты подразделяются на две основные группы: *планеты земной группы* — Меркурий, Венера, Земля и Марс — и *планеты юпитерианской группы*, или *планеты-гиганты* — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. В этой классификации нет места Плутону: и по размерам, и по свойствам он ближе к ледяным спутникам планет-гигантов.

Различие планет по физическим свойствам обусловлено тем, что земная группа формировалась ближе к Солнцу, а планеты-гиганты — на очень холодной периферии Солнечной системы. Планеты земной группы сравнительно малы и имеют большую плотность. Основными их составляющими являются силикаты (соединения кремния) и железо. У планет-гигантов нет твёрдой поверхности. За исключением небольших ядер, они образованы преимущественно из водорода и гелия и пребывают в газожидком состоянии. Атмосферы этих планет, постепенно уплотняясь, плавно переходят в жидкую мантию.

Основная доля общей массы Солнечной системы (99,87%) приходится на Солнце. Поэтому солнечное тяготение управляет движением почти всех остальных тел системы: планет, комет, астероидов, метеорных тел. Только спутники обращаются вокруг своих планет, притяжение которых из-за их близости оказывается сильнее солнечного.



СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА



Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении. Это движение именуется прямым.

Орбиты планет по форме близки к круговым, а плоскости орбит — к основной плоскости Солнечной системы, так называемой неизменной плоскости Лапласа. Но чем меньше масса, тем сильнее планета нарушает это правило, что видно на примере Меркурия и Плутона. В астрономии принято измерять углы наклона планетных орбит к плоскости эклиптики (т. е. к плоскости орбиты Земли).

Величиной, выражающей отклонение формы орбиты от круговой, является *эксцентриситет* — отношение расстояния между фокусами эллипса к длине его большой оси. Эксцентриситет окружности равен нулю, эксцентриситеты эллипсов больше нуля, но меньше единицы, эксцентриситет параболы считается равным единице.

Расстояния планет от Солнца возрастают приблизительно в геометрической прогрессии (*правило Тициуса — Боде*):

$$r = 0{,}4 + 0{,}3 \cdot 2^n \text{ (а. е.)},$$

где n = 0 для Венеры, 1 для Земли, 2 для Марса, 4 для Юпитера и т. д. (n = 3 соответствует положению пояса астероидов). Однако Меркурий, Нептун и Плутон не вписываются в данную последовательность.

Почти все планеты вращаются вокруг оси также в прямом направлении. Исключение составляют Венера и Уран (последний к тому же вращается как бы лёжа на боку — его ось располагается почти в плоскости орбиты).

Большинство спутников движутся вокруг своих планет в ту же сторону, в какую вращаются планеты (эти спутники называются *регулярными*), а их орбиты лежат вблизи экваториальных плоскостей планет. Обратное движение имеют четыре внешних (находящихся на удалённых орбитах) спутника Юпитера — Ананке, Карме, Пасифе и Синопе, внешний спутник Сатурна Феба и спутник Нептуна Тритан. Десять спутников Урана, хотя и являются регулярными, формально считаются обратными, ибо таково вращение самой планеты. Плоскость орбиты Луны близка к плоскости орбиты Земли, а не её экватора. Спутники Юпитера Леда, Гималия, Лиситея, Элара и спутник Сатурна Япет движутся под значительными углами к экваториальным плоскостям планет — от 14 до 29°.

По мере перехода к телам всё меньшей массы эксцентриситеты и наклоны орбит возрастают. У астероидов эксцентриситеты достигают значений 0,3—0,5 (у некоторых и больше), а наклоны могут доходить до 30°. Все известные астероиды имеют прямое движение. У комет встречаются любые эксцентриситеты и наклоны орбит, причём движение некоторых комет является обратным.

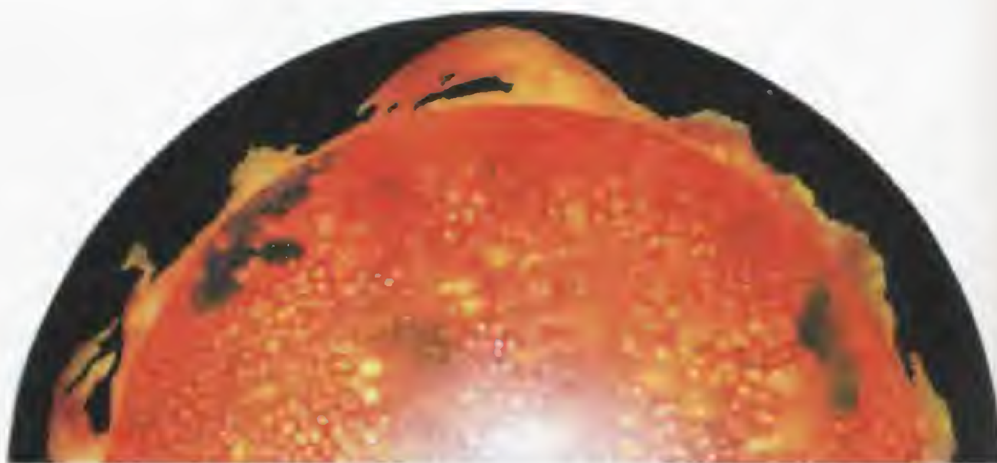
Солнечная система вращается, а вращательное движение характеризуется величиной, называемой моментом количества движения. Распределение его среди тел Солнечной системы таково, что нуждается в специальном объяснении.

Если вокруг оси на расстоянии r от неё вращается тело, размеры которого существенно меньше r, то момент количества движения этого тела равен mvr (где m — масса, v — скорость). Если же речь идёт о вращении сравнительно крупного тела, нужно мысленно разбить его на такие небольшие части, вычислить эту величину для каждой из них и результаты сложить. Момент количества движения системы тел равен сумме моментов тел, её составляющих.



Сравнение масс Солнца и Земли.





ЗВЕЗДА ПО ИМЕНИ СОЛНЦЕ

ЧТО ВИДНО НА СОЛНЦЕ

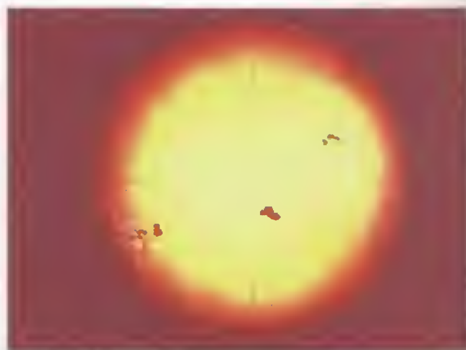
Каждому наверняка известно, что нельзя смотреть на Солнце невооружённым глазом, а тем более в телескоп без специальных, очень тёмных светофильтров или других устройств, ослабляющих свет. Пренебрегая этим запретом, наблюдатель рискует получить сильнейший ожог глаз. Самый простой способ рассматривать Солнце — это спроецировать его изображение на белый экран. При помощи даже маленького любительского телескопа можно получить увеличенное изображение солнечного диска. Что же видно на этом изображении?

Прежде всего обращает на себя внимание резкость солнечного края. Солнце — газовый шар, не имеющий чёткой границы, плотность его убывает постепенно. Почему же в таком случае мы видим его резко очерченным? Дело в том, что практически всё видимое излучение Солнца исходит из очень тонкого слоя, который имеет специальное название — *фотосфера* (*греч.* «сфера света»). Его толщина не превышает 300 км. Именно

▸ Вид Солнца в телескоп.

СОЛНЦЕ КАК ЗВЕЗДА

Диаметр	1 391 980 км
Масса	$1{,}989 \cdot 10^{30}$ кг
Сидерический период вращения точки экватора	25,380 суток
Светимость	$3{,}88 \cdot 10^{26}$ Вт
Видимая звёздная величина	$-26{,}58^m$
Спектральный класс	G2 V
Эффективная температура поверхности	5807 K
Возраст	около 5 млрд лет
Среднее расстояние от Земли до центра Солнца	149 597 870 км





ПЕРВОЕ ОПИСАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Поскольку ничто не препятствует подвижности Земли, то я полагаю, что нужно рассмотреть, не может ли она иметь несколько движений, так чтобы её можно было считать одной из планет. Хотя всё это и очень трудно и даже почти невозможно помыслить, однако, вопреки мнению многих, если Бог позволит, мы сделаем это яснее Солнца для людей, по крайней мере не невежд в математическом искусстве.

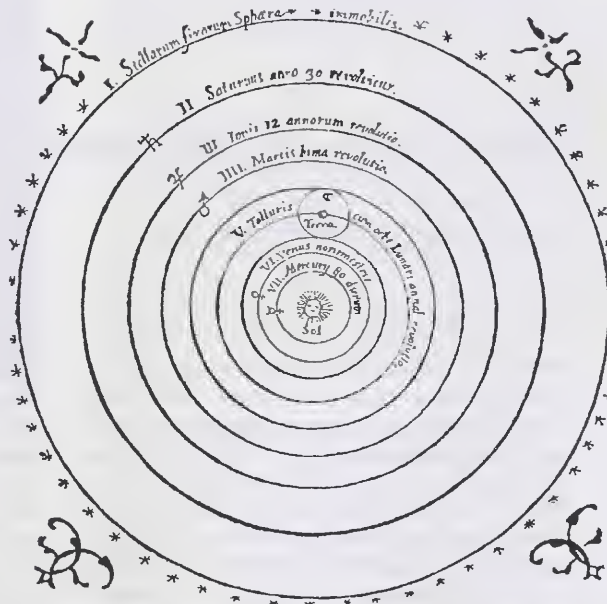
Первой и наивысшей из всех является сфера неподвижных звёзд, содержащая самоё себя и всё, и потому неподвижная. Она служит местом Вселенной, к которой относятся движения и положения всех остальных светил. Далее следует первая из планет — Сатурн, завершающая своё обращение в 30 лет, после него — Юпитер, движущийся 12-летним обращением, затем — Марс, который делает круг в 2 года. Четвёртое по порядку место занимает планета с годовым обращением, в этом пространстве содержится Земля с лунной орбитой, как бы эпициклом. На пятом месте стоит Венера, возвращающаяся на 9-й месяц. Наконец, шестое место занимает Меркурий, делающий круг в 80 дней.

В середине всего находится Солнце. Действительно, в таком великолепном храме кто мог бы поместить этот светильник в другом и лучшем месте, как не в том, откуда он может одновременно всё освещать. Ведь не напрасно некоторые называют Солнце светильником мира, другие — умом его, а третьи — правителем. Гермес Трисмегист (легендарный основатель оккультных наук, считается автором трактатов по магии, астрологии, алхимии. — *Прим. ред.*) называет его видимым божеством, а Софоклова Электра — всевидящим. Конечно, именно так Солнце, как бы восседая на царском троне, правит обходящей вокруг него семьёй светил. Так же и Земля не лишается обслуживания Луной, но, как говорит Аристотель, Луна имеет наибольшее сродство с Землёй. В то же время Земля зачинает от Солнца и плодоносит каждый год.

Таким образом, в этом расположении мы находим удивительную соразмерность мира и определённую гармоническую связь между движением и величиной орбит, которую иным способом нельзя обнаружить. Теперь, в свете новых знаний, человеку неленивому в своих созерцаниях и размышлениях следует объяснить себе, по какой причине петли попятного движения у Юпитера представляются бо́льшими, чем у Сатурна, но меньшими, чем у Марса, а также почему Сатурн, Юпитер и Марс в противостоянии (когда они видимы в течение всей ночи) оказываются ближе к Земле, чем в то время, когда они видны вблизи Солнца. Ведь когда Марс, например, делается видимым в течение всей ночи, он по величине блеска представляется равным Юпитеру (отличаясь от него только красноватым цветом), в другое же время он едва находится среди звёзд 2-й величины и распознаётся только в результате тщательного наблюдения следящих за ним. Всё это происходит по одной причине, которая заключается в движении Земли среди планет.

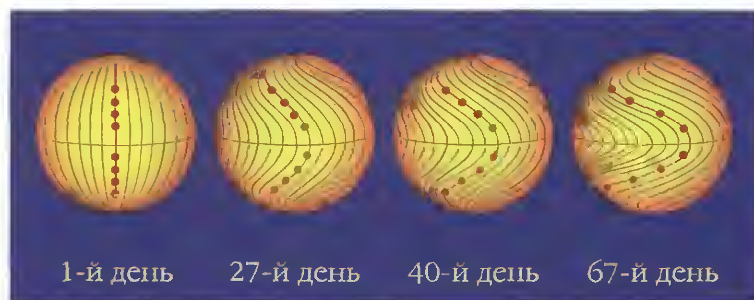
А то, что никаких подобных изменений (вследствие движения Земли) не замечается у неподвижных звёзд, только доказывает неизмеримую их высоту, которая заставляет исчезать из вида даже орбиту Земли или её отображение. Мерцающий свет звёзд доказывает, что между наивысшей из планет Сатурном и сферой неподвижных звёзд находится ещё очень большой промежуток. Мерцанием они больше всего отличаются от планет, так как необходимо, чтобы наибольшее различие было между движимым и недвижимым. Так велико это божественное творение Всеблагого и Всевышнего.

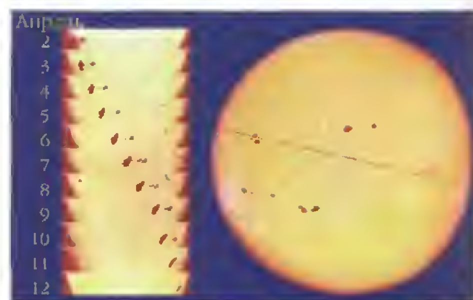
(По книге Николая Коперника «О вращениях небесных сфер». 1543 г.)



Система мира Коперника. Чертёж из книги «О вращениях небесных сфер».







▲
Вращение Солнца на разных широтах.

▶▶
Перемещение пятен указывает на вращение Солнца.

холоднее окружающего их вещества примерно на 1500 К, а следовательно, и менее ярки. Вот почему на общем фоне они выглядят тёмными.

Солнечные пятна часто образуют группы из нескольких больших и малых пятен, и такие группы могут занимать значительные области на солнечном диске. Картина группы всё время меняется, пятна рождаются, растут и распадаются. Живут группы пятен долго, иногда на протяжении двух или трёх оборотов Солнца (период вращения Солнца составляет примерно 27 суток).

ФАКЕЛЫ

Практически всегда пятна окружены яркими полями, которые называют *факелами*. Факелы горячее окружающей атмосферы примерно на 2000 К и имеют сложную ячеистую структуру. Величина каждой ячейки — около 30 тыс. километров. В центре диска контраст факелов очень мал, а ближе к краю увеличивается, так что лучше всего они заметны именно по краям. Факелы живут ещё дольше, чем пятна, иногда три-четыре месяца. Они не обязательно существуют вместе с пятнами, очень часто встречаются факельные поля, внутри которых пятна никогда не появляются. По-видимому, факелы тоже являются местами выхода магнитных полей в наружные слои Солнца, но эти поля слабее, чем в пятнах.

Количество пятен и факелов характеризует солнечную активность, максимумы которой повторяются через каждые 11 лет. В годы минимума на Солнце долгое время может не быть ни одного пятна, а в максимуме их число обычно измеряется десятками. Ближайший максимум солнечной активности, когда можно будет наблюдать много пятен и факелов, ожидается около 2000 г.

СОЛНЕЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Основным инструментом астронома-наблюдателя, что бы он ни изучал на небе, является телескоп (см. статью «Телескопы — от Галилея до наших дней»). И хотя принцип действия всех телескопов общий, для каждой области астрономии разработаны свои модификации этого прибора.

Яркость Солнца велика, следовательно, светосила оптической системы солнечного телескопа может быть небольшой. Гораздо интереснее получить как можно больший масштаб изображения. Поэтому у солнечных телескопов очень большие фокусные расстояния. Самый крупный из них имеет фокусное расстояние 90 м и даёт изображение Солнца диаметром около 80 см.

Вращать подобную конструкцию было бы нелегко. К счастью, это и не нужно. Солнце движется по небосводу лишь в ограниченной его области, внутри полосы шириной около 47°. Поэтому солнечному телескопу не нужна монтировка для наве-



что Меркурий не удаляется от дневного светила больше чем на 28°. Он регулярно бывает виден то как вечерняя звезда, доступная наблюдениям лишь в первые два часа после захода Солнца, то как утренняя — за два часа до рассвета. А между появлениями планеты на западе и на востоке проходит от 106 до 130 дней; большая разница объясняется значительной вытянутостью орбиты Меркурия.

Меркурий скорее всего был открыт древнейшими пастушескими племенами, обитавшими в долинах Нила или Тигра и Евфрата. Однако нелегко было догадаться, что сравнительно яркие вечерняя и утренняя звёзды — одно и то же светило. Недаром у древних народов оно имело два имени: у египтян — Сет и Гор, у индийцев — Будда и Рогинея, а греки некогда именовали его Аполлон и Гермес (в римской мифологии богу Гермесу соответствовал Меркурий).

Меркурий, как и Луна, светит отражённым солнечным светом и, подобно нашему спутнику, меняет фазы: от узкого серпа до светлого кружка. Полный диск Меркурия виден лишь в моменты верхних соединений, когда он скрывается в лучах Солнца и имеет минимальный диаметр. В нижнем соединении величина диска была бы наибольшей, но в это время планета повёрнута к Земле неосвещённым полушарием и потому не видна. В остальное время в телескоп можно наблюдать фазы Меркурия, похожие на лунные, но с тем отличием, что размеры серпа заметно меняются со временем из-за изменения расстояния между Землёй



◄ Меркурий. Мозаичное изображение, составленное по съёмкам американского космического аппарата «Маринер-10».

КАК ВРАЩАЕТСЯ МЕРКУРИЙ

Попытки определить период вращения Меркурия вокруг оси предпринимались не раз. В 1882 г. итальянский астроном Джованни Скиапарелли предположил, что Меркурий обращён к Солнцу одной стороной (так же, как Луна к Земле) поэтому его период вращения равен 88 суткам — периоду обращения вокруг Солнца. Этот факт входил во все учебники астрономии и все справочные издания вплоть до 60-х гг. XX в.

В 1965 г. применение радиолокации позволило получить точное значение этого периода — 58,7 суток, т. е. ровно 2/3 от периода обращения вокруг Солнца. Теоретики доказали, что такое вращение планеты является устойчивым.

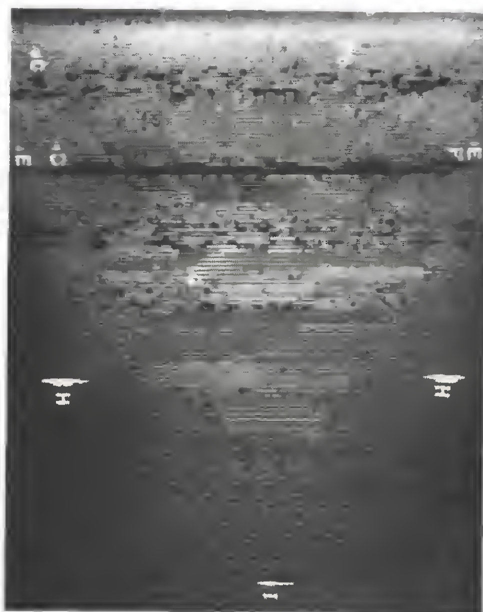
Почему же такие опытные наблюдатели, как Скиапарелли, французский астроном Эжен Антониади и другие считали, что планета обращена к Солнцу одной стороной? Понятно, что наилучшие условия наблюдения Меркурия наступают около моментов его наибольших *элонгаций* (угловых удалений от Солнца), которые повторяются через 116 суток (синодический период Меркурия). Причём в Северном полушарии благоприятна далеко не каждая элонгация: из вечерних удобнее всего те, что наступают зимой или весной, а из утренних — те, которые бывают летом и осенью (нужно, чтобы Меркурий имел более высокое склонение, чем Солнце). Такие элонгации повторяются раз в 348 суток (три синодических периода). Но этот период близок к шестикратному периоду вращения Меркурия — 352 суткам. А значит, наблюдая планету раз в 348 суток, мы увидим на её поверхности те же детали, что и год назад. Поэтому астрономы прошлого, не зная истинной соизмеримости периодов и полагая, что за это время Меркурий совершил четыре оборота вокруг оси (а не шесть, как на самом деле), заключили, что его период вращения равен периоду обращения по орбите.

Соотношение периодов вращения и обращения планеты, равное 2/3, приводит к тому, что солнечные сутки на Меркурии составляют 176 земных суток. Иначе говоря, меркурианские день и ночь длятся по 88 земных суток. Ось вращения Меркурия почти перпендикулярна к плоскости его орбиты, поэтому смена времён года там обусловлена не наклоном оси (как на Земле, Марсе и Сатурне), а изменением расстояния от Солнца. Из-за большой вытянутости орбиты перепады температуры на поверхности Меркурия очень велики. В перигелии температура в подсолнечной точке планеты (где Солнце стоит в зените) достигает 690 К, в афелии она снижается до 560 К. Зато на ночном полушарии очень холодно: средняя температура здесь 111 К (–162 °С).





Башенный солнечный телескоп Крымской астрофизической обсерватории.



Эшельная спектрограмма. Эмиссионные линии соответствуют следующим элементам: B, C — кальций, D, E, F — кислород, G, I — гелий, H — водород.

внутри стекла. Его нужно тщательно защищать от пыли. Каждая пылинка, каждый дефект линзы — царапина или пузырёк — при сильном освещении работает как маленькое зеркальце — отражает свет в случайном направлении.

Коронографы обычно устанавливают высоко в горах, где воздух прозрачнее и небо темнее. Но и там солнечная корона всё же слабее, чем ореол неба вокруг Солнца. Поэтому её можно наблюдать только в узком диапазоне спектра, в спектральных линиях излучения короны. Для этого используют специальный фильтр или спектрограф.

Спектрограф — самый важный вспомогательный прибор для астрофизических исследований. Многие солнечные телескопы служат лишь для того, чтобы направлять пучок солнечного света в спектрограф. Основными его элементами являются: щель для ограничения поступающего света; коллиматор (линза или зеркало), который делает параллельным пучок лучей; дифракционная решётка для разложения белого света в спектр и фотокамера или иной детектор изображения.

«Сердце» спектрографа — дифракционная решётка, которая представляет собой зеркальную стеклянную пластинку с нанесёнными на неё параллельными штрихами. Число штрихов у лучших решёток достигает 1200 на миллиметр.

Основная характеристика спектрографа — его спектральное разрешение. Чем выше разрешение, тем более близкие спектральные линии можно увидеть раздельно. Разрешение зависит от нескольких параметров. Один из них — порядок спектра. Дифракционная решётка даёт много спектров, видимых под разными углами. Говорят, что она имеет много порядков спектра. Самый яркий порядок спектра — первый. Чем дальше порядок, тем спектр слабее, но его разрешение выше. Однако далёкие порядки спектра накладываются друг на друга. Поскольку требуются и высокое разрешение, и яркий спектр, приходится идти на компромисс. Поэтому для наблюдений обычно используют второй-третий порядки спектра.

Одной из наиболее интересных систем является *эшельный спектрограф*. В нём кроме специальной решётки, называемой эшелью, стоит стеклянная призма. Лучи света падают на эшель под очень острым углом. При этом многие порядки спектра









◄◄◄
Бассейн Калорис на Меркурии.

◄◄
Эскарп (уступ) на поверхности Меркурия.

◄
Полярный район Меркурия.

вичем Федынским и Кириллом Петровичем Станюковичем.

ЭВОЛЮЦИЯ И СТРОЕНИЕ МЕРКУРИЯ

Исследования фотографических изображений поверхности Меркурия позволили составить вероятную картину эволюции этой планеты. В начальный период своей истории Меркурий, по-видимому, испытал сильное внутреннее разогревание, за которым последовала одна или несколько эпох активного вулканизма.

После завершения процесса формирования планеты её поверхность была гладкой (участки этой древней поверхности хорошо заметны). Далее наступил период интенсивной бомбардировки Меркурия остатками допланетного роя (планетезималями), когда образовались бассейны, например Калорис (диаметр 1300 км), а также кратеры типа кратера Коперник на Луне. Следующий этап характеризовался активным вулканизмом и выходом потоков лавы, заполнившей крупные бассейны. Этот период завершился около 3 млрд лет назад.

Размеры Меркурия невелики, он немного больше Луны; но средняя плотность его почти такая же, как у Земли. Вероятно, к центру планеты плотность повышается до 9800 кг/м^3. Это значит, что у Меркурия должно быть железное ядро радиусом 1800 км (3/4 радиуса планеты). На долю ядра приходится 80% массы Меркурия. В ядре генерируются кольцевые электрические токи, возбуждающие слабое магнитное поле планеты.

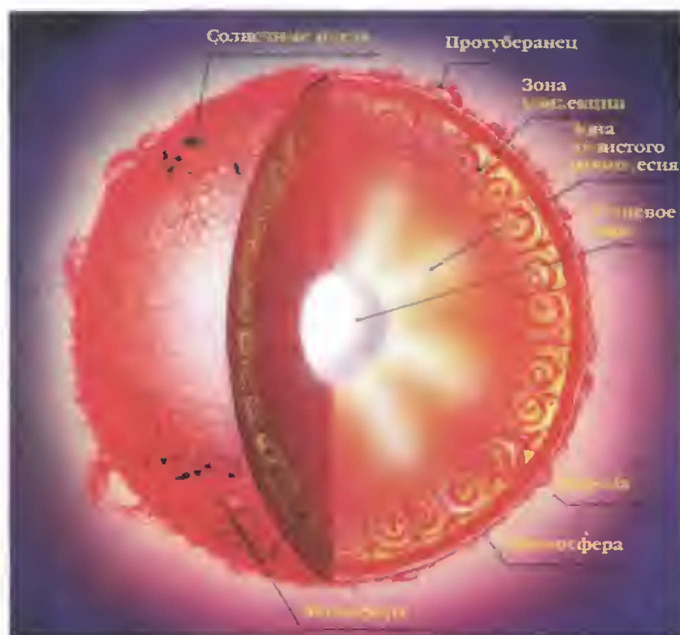
Сейчас гипотезы о строении Меркурия уточняются с учётом всех полученных наблюдательных данных. Но, видимо, основное свойство Меркурия подмечено правильно: снаружи он похож на Луну, а внутри — на Землю.

ВЕНЕРА ПОД ОБЛАКАМИ

Эта планета — одно из красивейших светил неба. Не случайно именно ей древние римляне присвоили имя богини любви и красоты.

Для земного наблюдателя Венера не отходит от Солнца дальше чем на 48°. Это объясняется тем, что она расположена ближе к Солнцу, чем Земля. В течение 585 суток чередуются периоды её вечерней и утренней видимости.

Почти каждая из планет Солнечной системы может похвастаться каким-нибудь космическим «рекордом». Например, Юпитер — крупнейшая среди планет, Земля — самая плотная,

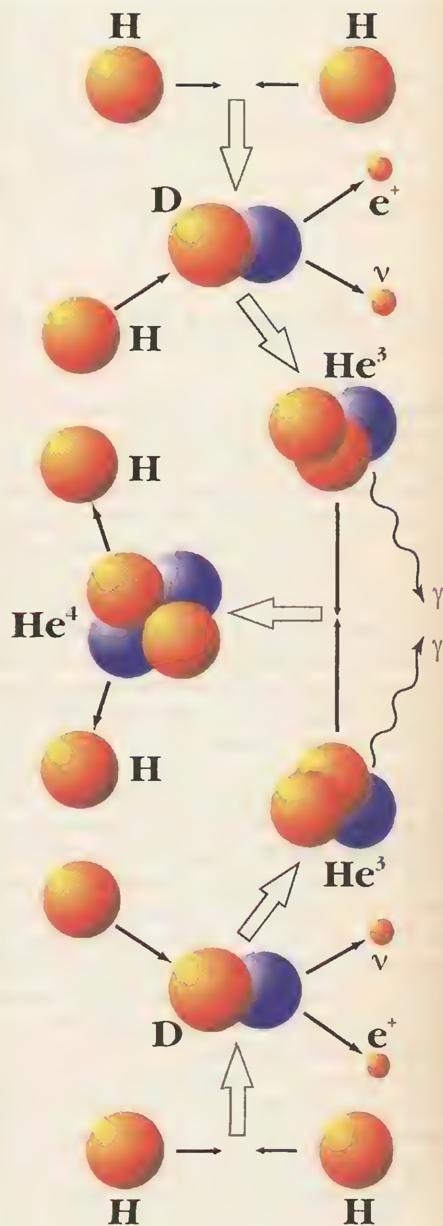


Внутреннее строение Солнца.

она распространяется через поглощение и излучение веществом порций света — квантов.

Плотность, температура и давление уменьшаются по мере удаления от ядра, и в этом же направлении идёт поток энергии. В целом процесс этот крайне медленный. Чтобы квантам добраться от центра Солнца до фотосферы, необходимы многие тысячи лет: ведь, переизлучаясь, кванты всё время меняют направление, почти столь же часто двигаясь назад, как и вперёд. Но когда они в конце концов выберутся наружу, это будут уже совсем другие кванты. Что же с ними произошло?

В центре Солнца рождаются гамма-кванты. Их энергия в миллионы раз больше, чем энергия квантов видимого света, а длина волны очень мала. По дороге кванты претерпевают удивительные превращения. Отдельный квант сначала поглощается каким-нибудь атомом, но тут же снова переизлучается; чаще всего при этом возникает не один прежний квант, а два или даже несколько. По закону сохранения энергии их общая энергия сохраняется, а потому энергия каждого из них уменьшается. Так возникают кванты всё меньших и



Протон-протонная ядерная реакция.
Красный шарик — протон,
синий шарик — нейтрон,
H — ядро водорода,
D — ядро дейтерия,
He^4, He^3 — ядра изотопов гелия,
e^+ — позитрон,
ν — нейтрино,
γ — квант излучения.



Сэтом Николсоном на обсерватории Маунт-Вилсон были начаты измерения температуры облаков Венеры. Затем они многократно повторялись другими астрономами. Наиболее уверенные результаты получили в 1955 г. Уильям Синтон и Джон Стронг (США). Температура облачного слоя Венеры оказалась равной 233—240 К (около –40 °С). Близ полюсов планеты она понижалась до 205—213 К. В том, что температура облаков Венеры столь низкая, нет ничего удивительного. И в стратосфере Земли царят весьма низкие температуры.

Специальные наблюдения, выполненные советскими учёными Н. П. Барабашовым, В. В. Шароновым, В. И. Езерским, французским астрономом Б. Лио, а также теория рассеяния света плотными атмосферами планет, развитая В. В. Соболевым, свидетельствовали о том, что размеры частиц облаков Венеры — около одного микрометра. Но какова природа этих частиц? На этот вопрос классические методы астрофизики ответить не могли.

В середине 50-х гг. начались исследования Венеры методами радиоастрономии, а в 60-е гг. к этой неизведанной планете полетели межпланетные станции, созданные учёными и инженерами СССР и США. За



Венера в ультрафиолетовых лучах.

ВРАЩЕНИЕ ВЕНЕРЫ

Уже в 1667 г. Джованни Доменико Кассини, работавший тогда в Болонье, предпринял первую попытку определить период вращения Венеры вокруг оси. На диске планеты не удалось обнаружить устойчивых деталей, как, например, на Марсе или Юпитере. Были заметны только слабые тёмные пятна. Всё же Кассини опубликовал найденное им значение периода: 23 ч 21 мин.

Хотя это значение и не имеет ничего общего с действительным, всё же оно было получено не случайно. Ведь время, удобное для наблюдения Венеры, невелико: так, в период вечерней видимости от захода Солнца до её собственного захода проходит не более трёх часов. Правда, Венеру можно наблюдать и днём, но рассеянный свет голубого неба смазывает тонкие детали, которые необходимы для расчёта. Таким образом, Кассини приходилось наблюдать планету примерно раз в сутки. Он видел те же детали и полагал, что за это время Венера сделала полный оборот вокруг оси. Зная периоды вращения Земли (24 ч) и Марса (24 ч 37 мин), он решил, что такой период характерен для планет земной группы.

В 80-е гг. XIX в. итальянский астроном Джованни Скиапарелли установил, что Венера вращается гораздо медленнее. Тогда он предположил, что планета обращена к Солнцу одной стороной, как Луна к Земле, и, стало быть, её период вращения равен периоду обращения вокруг Солнца — 225 суткам. Та же точка зрения была высказана и в отношении Меркурия. Но в обоих случаях этот вывод оказался неверным.

Только в 60-е гг. XX столетия применение радиолокации позволило американским и советским астрономам доказать, что вращение Венеры — обратное, т. е. она вращается в направлении, противоположном направлению вращения Земли, Марса, Юпитера и других планет. В 1970 г. две группы американских учёных по наблюдениям за 1962—1969 гг. точно определили, что период вращения Венеры равняется 243 суткам. Близкое значение получили и советские радиофизики.

Вращением вокруг оси и орбитальным движением планеты обусловлено видимое перемещение Солнца по её небосклону. Зная периоды вращения и обращения, легко рассчитать продолжительность солнечных суток на Венере. Оказывается, они в 117 раз длиннее земных, и венерианский год состоит менее чем из двух таких суток.

Теперь предположим, что мы наблюдаем Венеру в верхнем соединении, т. е. когда Солнце располагается между Землёй и Венерой. Эта конфигурация повторится через 585 земных суток: находясь в других точках своих орбит, планеты займут то же положение относительно друг друга и Солнца. На Венере за это время пройдёт ровно пять местных солнечных суток (585 = 117 · 5). И значит, она будет повёрнута к Солнцу (а стало быть, и к Земле) той же самой стороной, что и в момент предыдущего соединения. Такое взаимное движение планет называется *резонансным*; оно вызвано, по-видимому, длительным воздействием на Венеру поля тяготения Земли. Вот почему астрономы прошлого и начала нынешнего века считали, что Венера всегда обращена к Солнцу одной стороной.



меньших энергий. Мощные гамма-кванты как бы дробятся на менее энергичные кванты — сначала рентгеновских, потом ультрафиолетовых и наконец видимых и инфракрасных лучей. В итоге наибольшее количество энергии Солнце излучает в видимом свете, и не случайно наши глаза чувствительны именно к нему.

Как мы уже говорили, кванту требуется очень много времени, чтобы просочиться через плотное солнечное вещество наружу. Так что если бы «печка» внутри Солнца вдруг погасла, то мы узнали бы об этом только миллионы лет спустя.

На своём пути через внутренние солнечные слои поток энергии встречает такую область, где непрозрачность газа сильно возрастает. Это *конвективная зона* Солнца. Здесь энергия передаётся уже не излучением, а конвекцией.

Что такое конвекция? Когда жидкость кипит, она перемешивается. Так же может вести себя и газ. В жаркий день, когда земля нагрета лучами Солнца, на фоне удалённых предметов хорошо заметны поднимающиеся струйки горячего воздуха. Их легко наблюдать и над пламенем газовой горелки, и над раскалённой конфоркой плиты. То же самое происходит и на Солнце в области конвекции. Огромные потоки горячего газа поднимаются вверх, где отдают своё тепло окружающей среде, а охлаждённый солнечный газ опускается вниз. Похоже, что солнечное вещество кипит и перемешивается, как вязкая рисовая каша на огне.

Конвективная зона начинается примерно на расстоянии 0,7 радиуса от центра и простирается практически до самой видимой поверхности Солнца (фотосферы), где перенос основного потока энергии вновь становится лучистым. Однако по инерции сюда всё же проникают горячие потоки из более глубоких, конвективных слоёв. Хорошо известная наблюдателям картина грануляции на поверхности Солнца является видимым проявлением конвекции.

КОЛЕБАНИЯ СОЛНЦА. ГЕЛИОСЕЙСМОЛОГИЯ

Читатель, возможно, удивлён странным словом, вынесенным в заголовок. Гелио? Сейсмология? Какая связь между Солнцем и землетрясениями? Или, может быть, на Солнце тоже происходят землетрясения или, вернее, солнцетрясения? Расскажем обо всём по порядку.

Земная сейсмология основана на особенностях распространения звука под землёй. Однако на Солнце сейсмограф (прибор, регистрирующий колебания почвы) поставить нельзя. Поэтому колебания Солнца измеряют совершенно другими методами. Главный из них основан на эффекте Доплера. Так как солнечная поверхность ритмически опускается и поднимается (колеблется), то её приближение-удаление сказывается на спектре излучаемого света. Исследуя спектры разных участков солнечного диска, получают картину распределения скоростей; конечно же, со временем она меняется — волны бегут.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА

Звук представляет собой упругие волны. Низкие звуки имеют больший период колебаний, высокие — меньший. Период часто заменяют обратной величиной — частотой, измеряемой в герцах (Гц); 1 Гц соответствует одному колебанию в секунду. Существуют ещё две характеристики звука: длина волны и скорость распространения.

Сейсмологи имеют дело со звуками частотой от одной сотой до нескольких герц. Изучая колебания земной коры (осцилляции), можно многое узнать о свойствах пород, слагающих Землю. Большая часть сведений о её внутреннем строении получена именно таким путём.

Сейсмологические исследования основываются на том, что скорость и затухание звука зависят от свойств среды. В частности, в твёрдых телах и жидкостях звук распространяется лучше, чем в газах (воздухе). Скорость распространения звука в разных телах зависит также от частоты звука. Всем этим и пользуются сейсмологи. Измеряя силу звука (амплитуду волны), прошедшего через различные внутренние области Земли (ядро, мантию, кору), можно составить представление о плотности и свойствах слагающих их веществ.



больших концентрациях другие газы (метан, аммиак, окислы азота, серы, соединения хлора и фтора, кислород).

Астрономы детально изучили распределение давления, плотности, состава и температуры атмосферы Венеры по высоте. Давление её у поверхности достигало 90 атмосфер. Этот последний результат был получен в начале 70-х гг. с помощью станций «Венера-7» и «Венера-8» и неоднократно уточнялся в ходе дальнейших экспериментов.

Длительные наблюдения за облачным слоем Венеры с «Маринера-10» позволили выявить ряд устойчивых деталей, хорошо заметных в ультрафиолетовых лучах. Они перемещаются в сторону вращения планеты, значительно его опережая, — с периодом в четверо суток. Из этого следует, что на уровне верхней границы облаков (65—70 км над поверхностью планеты) дуют ветры с постоянным направлением с востока на запад и скоростью (вблизи экватора) 110 м/с. По земным меркам это ветер ураганной силы.

Вопрос о составе облаков Венеры длительное время оставался предметом острых дискуссий. Гипотезы о том, что облака Венеры — это капельки воды, кристаллики льда, капли CO_2, пылинки, отвергались одна за другой. Когда в начале 1967 г. французские астрофизики супруги Пьер и Жанна Кони обнаружили в спектре облаков Венеры следы соединений хлора и фтора (HCl и HF), их тоже рассматривали как возможные составляющие частиц облачного слоя. Но тщательный анализ показал, что и эта гипотеза неверна.

Разгадка была получена в 1972 г., когда американские исследователи Луиза и Эндрю Янг, а также Годфри Силл независимо друг от друга пришли к выводу, что самым различным наблюдательным данным об облаках Венеры (их показателю преломления, спектральным характеристикам) хорошо удовлетворяет предположение, что они состоят из капелек концентрированной серной кислоты (H_2SO_4). Кроме того, серная кислота легко соединяется с водой. Давление водяного пара над уровнем облаков оказалось как раз таким, какое должно быть, если облака состоят из капель 80-процентного раствора серной кислоты. Такие капельки встречаются и в земной стратосфере. Но в облаках Венеры они играют основную роль.

Откуда же берётся в атмосфере Венеры серная кислота? Исследования показали, что она образуется химическим путём из диоксида серы (SO_2), источниками которого могут быть серосодержащие породы поверхности (пириты) и вулканические извержения. А есть ли на Венере вулканы? Это ещё предстояло выяснить.



◄ Облачность на Венере в инфракрасных лучах.

Снимок поверхности Венеры, сделанный посадочным модулем станции «Венера-13». Верхнее изображение воспроизводит натуральное освещение на Венере; нижнее показывает, как это выглядело бы при земном освещении. ▼





▲ «Русло» на Венере. Скорее всего здесь когда-то текла не вода, а лава.



◄ Участок поверхности Венеры. Компьютерное изображение по данным аппарата «Магеллан». Вертикальный масштаб увеличен.

осцилляций. Исследователи пришли к выводу, что солнечные колебания носят глобальный характер: волны пробегают очень большие расстояния и в разных местах солнечного диска видны проявления одной и той же волны. Таким образом, можно сказать, что Солнце «звучит, как колокол», т. е. как одно целое.

Как и в случае с Землёй, колебания поверхности Солнца — лишь отзвук тех волн, которые распространяются в его глубинах. Одни волны доходят до центра Солнца, другие затухают на полпути. Это и помогает исследовать свойства разных частей солнечных недр. Изучая волны с разной глубиной проникновения, удалось даже построить зависимость скорости звука от глубины! А поскольку из теории известно, что на нижней границе зоны конвекции должно быть резкое изменение скорости звука, удалось определить, где начинается солнечная конвективная зона. Это на сегодня одно из важнейших достижений гелиосейсмологии.

Есть у гелиосейсмологии и свои проблемы. Например, пока не удалось выяснить причину колебаний солнечной поверхности. Считается, что наиболее вероятный источник колебаний — грануляция: выходящие на поверхность потоки раскалённой плазмы, подобно мощным фонтанам, вызывают разбегающиеся во все стороны волны. Однако на деле всё не так просто, и теоретики пока не смогли удовлетворительно описать эти процессы. В частности, неясно, почему волны столь устойчивы, что могут обежать всё Солнце, не затухая?

С помощью методов гелиосейсмологии удалось установить, что внутренняя часть Солнца (ядро) вращается заметно быстрее, чем наружные слои. Неравномерное вращение Солнца оказывает на его осцилляции такое же воздействие, как трещина на колокол. В результате «звук» становится не очень чистым — изменяются существующие периоды колебаний и появляются новые. Это даёт возможность исследовать вращение внутренних слоёв, которое другими методами пока изучать нельзя. Считается, что именно благодаря неравномерному вращению Солнце имеет магнитное поле.

Вот такая неожиданная и бурно развивающаяся сейчас область науки возникла из, казалось бы, ничем не примечательных измерений движений солнечной поверхности.

СОЛНЕЧНАЯ АТМОСФЕРА

Земная атмосфера — это воздух, которым мы дышим, привычная нам газовая оболочка Земли. Такие оболочки есть и у других планет. Звёзды целиком состоят из газа, но их внешние слои также именуют атмосферой. При этом внешними считаются те слои, откуда хотя бы часть излучения может беспрепятственно, не поглощаясь вышележащими слоями, уйти в окружающее пространство.

ФОТОСФЕРА

Атмосфера Солнца начинается на 200—300 км глубже видимого края солнечного диска. Эти самые глубокие слои атмосферы называют *фотосферой*. Поскольку их толщина составляет не более одной трёхтысячной доли солнечного радиуса, фотосферу иногда условно называют поверхностью Солнца.

Плотность газов в фотосфере примерно такая же, как в земной стратосфере, и в сотни раз меньше, чем у поверхности Земли. Температура фотосферы уменьшается от 8000 К на глубине 300 км до 4000 К в самых верхних слоях. Температура же того среднего слоя, излучение которого мы воспринимаем, около 6000 К.

При таких условиях почти все молекулы газа распадаются на отдельные атомы. Лишь в самых верхних



нина с кратерообразными структурами (скорее всего вулканического происхождения), но меньших размеров, чем область Бета.

Вулканизм Венеры свидетельствует об активности её недр. Однако проявления этой активности не носят глобального характера, как на нашей планете. Земная кора расколота на несколько отдельных плит, на границах которых конвективные потоки жидкой мантии постоянно обновляют её. На Венере же эти потоки заперты толстой базальтовой корой и бо́льшая часть лавы не достигает поверхности.

У Венеры должно быть жидкое железное ядро, но движения вещества в нём не происходит — нет перемещения заряженных частиц, т. е. электрического тока, а значит, и не возникает собственное магнитное поле планеты.

Так благодаря применению космической техники и радиолокации раскрылись перед человечеством, казалось бы, надёжно спрятанные под плотной атмосферой и облаками тайны Венеры.



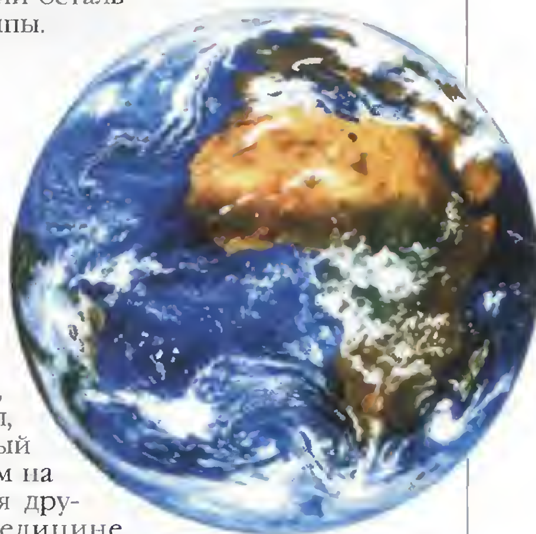
Долина Лакшми на Венере. (Тёмные полосы — дефект обработки изображения.)

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Земля как одна из планет Солнечной системы на первый взгляд ничем не примечательна. Это не самая большая, но и не самая малая из планет. Она не ближе других к Солнцу, но и не обитает на периферии планетной системы. И всё же Земля обладает одной уникальной особенностью — на ней есть жизнь. Однако при взгляде на Землю из космоса это незаметно. Хорошо видны облака, плавающие в атмосфере. Сквозь просветы в них различимы материки. Бо́льшая же часть Земли покрыта океанами.

Появление жизни, живого вещества — биосферы — на нашей планете явилось следствием её эволюции. В свою очередь биосфера оказала значительное влияние на весь дальнейший ход природных процессов. Так, не будь жизни на Земле, химический состав её атмосферы был бы совершенно иным.

Несомненно, всестороннее изучение Земли имеет громадное значение для человечества, но знания о ней служат также своеобразной отправной точкой при изучении остальных планет земной группы.

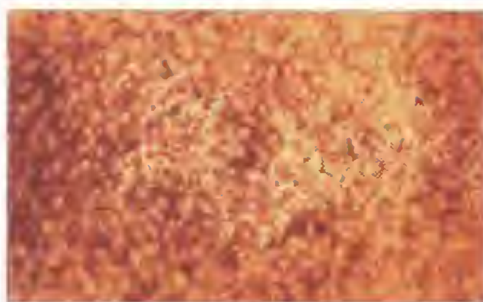


Вид Земли из космоса.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

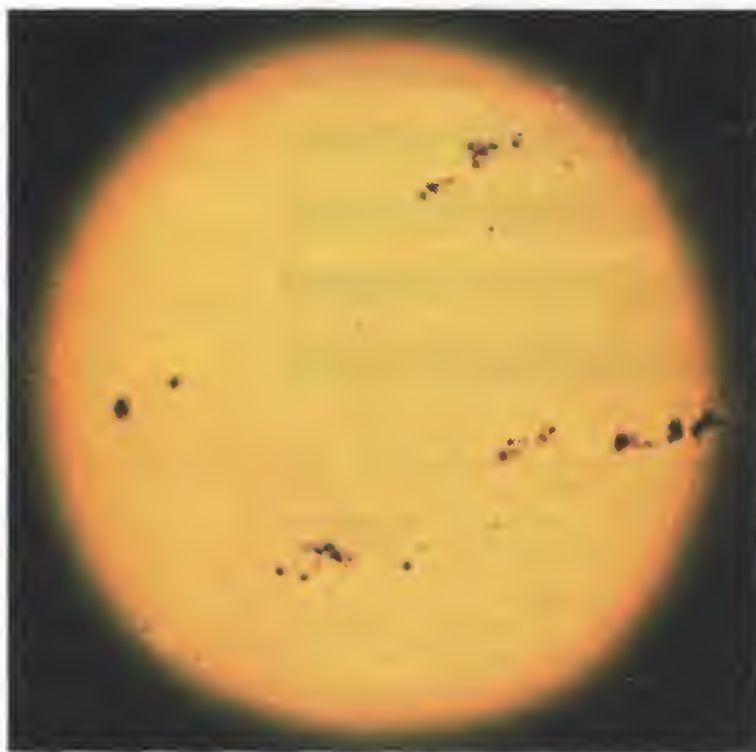
Не просто «заглянуть» в недра Земли. Даже самые глубокие скважины на суше едва преодолевают 10-километровый рубеж, а под водой удаётся, пройдя осадочный чехол, проникнуть в базальтовый фундамент не более чем на 1,5 км. Однако нашёлся другой способ. Как в медицине





Солнечная грануляция.

Магнитные поля участвуют во всех процессах на Солнце. Временами в небольшой области солнечной атмосферы возникают концентрированные магнитные поля, в несколько тысяч раз более сильные, чем на Земле. Ионизованная плазма — хороший проводник, она не может перемещаться поперёк линий магнитной индукции сильного магнитного поля. Поэтому в таких местах перемешивание и подъём горячих газов снизу тормозится, и возникает тёмная область — солнечное пятно. На фоне ослепительной фотосферы оно кажется совсем чёрным, хотя в действительности яркость его слабее только раз в десять.



Пятна на Солнце.

С течением времени величина и форма пятен сильно меняются. Возникнув в виде едва заметной точки — по́ры, пятно постепенно увеличивает свои размеры до нескольких десятков тысяч километров. Крупные пятна, как правило, состоят из тёмной части (ядра) и менее тёмной — полутени, структура которой придаёт пятну вид вихря. Пятна бывают окружены более яркими участками фотосферы, называемыми факелами или факельными полями.

Фотосфера постепенно переходит в более разреженные внешние слои солнечной атмосферы — хромосферу и корону.

ХРОМОСФЕРА

Хромосфера (*греч.* «сфера цвета») названа так за свою красновато-фиолетовую окраску. Она видна во время полных солнечных затмений как клочковатое яркое кольцо вокруг чёрного диска Луны, только что затмившего Солнце. Хромосфера весьма неоднородна и состоит в основном из продолговатых вытянутых язычков (*спикул*), придающих ей вид горящей травы. Температура этих хромосферных струй в два-три раза выше, чем в фотосфере, а плотность в сотни тысяч раз меньше. Общая протяжённость хромосферы 10—15 тыс. километров.

Рост температуры в хромосфере объясняется распространением волн и магнитных полей, проникающих в неё из конвективной зоны. Вещество нагревается примерно так же, как если бы это происходило в гигантской микроволновой печи. Скорости тепловых движений частиц возрастают, учащаются столкновения между ними, и атомы теряют свои внешние электроны: вещество становится горячей ионизованной плазмой. Эти же физические процессы поддерживают и необычайно высокую температуру самых внешних слоёв солнечной атмосферы, которые расположены выше хромосферы.



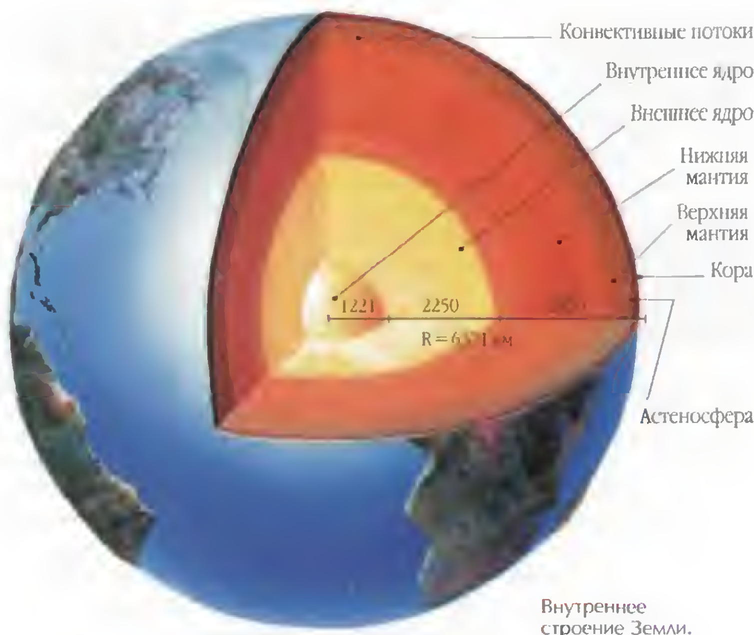
ществуют железные метеориты со средней плотностью 7850 кг/м³ и возможна ещё более значительная концентрация железа. Это послужило основанием для гипотезы о железном ядре Земли. А в начале XX в. были получены первые сейсмологические свидетельства его существования.

Граница между ядром и мантией наиболее отчётливая. Она сильно отражает продольные (P) и поперечные (S) сейсмические волны и преломляет P-волны. Ниже этой границы скорость P-волн резко падает, а плотность вещества возрастает: от 5600 кг/м³ до 10 000 кг/м³. S-волны ядро вообще не пропускает. Это означает, что вещество там находится в жидком состоянии.

Есть и другие свидетельства в пользу гипотезы о жидком железном ядре планеты. Так, открытое в 1905 г. изменение магнитного поля Земли в пространстве и по интенсивности привело к заключению, что оно зарождается в глубинах планеты. Там сравнительно быстрые движения могут происходить, не вызывая катастрофических последствий. Наиболее вероятный источник такого поля — жидкое железное (т. е. проводящее токи) ядро, где возникают движения, действующие по механизму самовозбуждающегося динамо. В нём должны существовать токовые петли, грубо напоминающие витки провода в электромагните, которые и генерируют различные составляющие геомагнитного поля.

В 30-е гг. сейсмологи установили, что у Земли есть и внутреннее, твёрдое ядро. Современное значение глубины границы между внутренним и внешним ядрами примерно 5150 км, переходная зона довольно тонкая — около 5 км.

Граница наружной зоны Земли — *литосферы* — расположена на глубине порядка 70 км. Литосфера включает в себя как земную кору, так и часть верхней мантии. Этот жёсткий слой объединяется в единое целое его механическими свойствами. Литосфера расколота примерно на десять больших плит, на границах которых случается подавляющее число землетрясений.



Внутреннее строение Земли.

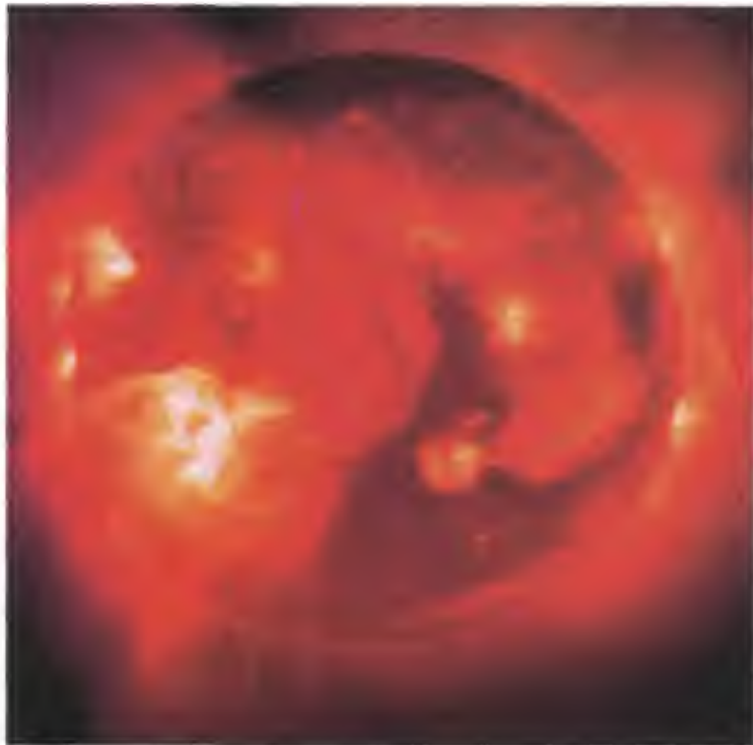
Под литосферой на глубинах от 70 до 250 км существует слой повышенной текучести — так называемая *астеносфера* Земли. Жёсткие литосферные плиты плавают в «астеносферном океане».

В астеносфере температура мантийного вещества приближается к температуре его плавления. Чем глубже, тем выше давление и температура. В ядре Земли давление превышает 3600 кбар, а температура — 6000 °C.

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ ПЛАНЕТЫ

О высокой температуре земных недр учёные догадывались давно. Об этом свидетельствовали и вулканические извержения, и рост температуры при погружении в глубокие шахты. В среднем у поверхности Земли её увеличение составляет 20° на километр.

Тепловая энергия земных недр выделяется с поверхности планеты в виде *теплового потока*, который измеряется количеством тепла, выделяемого с единицы площади за единицу времени. Измерить тепловой



Солнце в рентгеновских лучах. Наиболее яркие места — районы проявления солнечной активности.

ние отдельного участка хромосферы внезапно увеличивается в десятки раз. Особенно сильно возрастает ультрафиолетовое и рентгеновское излучение: порой его мощность в несколько раз превышает общую мощность излучения Солнца в этой коротковолновой области спектра до вспышки.

Пятна, факелы, протуберанцы, хромосферные вспышки — всё это проявления *солнечной активности*. С повышением активности число этих образований на Солнце становится больше.

КОРОНА

В отличие от фотосферы и хромосферы самая внешняя часть атмосферы Солнца — *корона* — обладает огромной протяжённостью: она простирается на миллионы километров, что соответствует нескольким солнечным радиусам, а её слабое продолжение уходит ещё дальше.

Плотность вещества в солнечной короне убывает с высотой значительно медленнее, чем плотность воздуха в земной атмосфере. Уменьшение плотности воздуха при подъёме вверх определяется притяжением Земли. На поверхности Солнца сила тяжести значительно больше, и, казалось бы, его атмосфера не должна быть высокой. В действительности она необычайно обширна. Следовательно, имеются какие-то силы, действующие против притяжения Солнца. Эти силы связаны с огромными скоростями движения атомов и электронов в короне, разогретой до температуры 1–2 млн градусов!

Корону лучше всего наблюдать во время полной фазы солнечного затмения. Правда, за те несколько минут, что она длится, очень трудно зарисовать не только отдельные детали, но даже общий вид короны. Глаз наблюдателя едва лишь начинает привыкать к внезапно наступившим сумеркам, а появившийся из-за края Луны яркий луч Солнца уже возвещает о конце затмения. Поэтому часто зарисовки короны, выполненные опытными наблюдателями во время одного и того же затмения, сильно различались. Не удавалось даже точно определить её цвет.

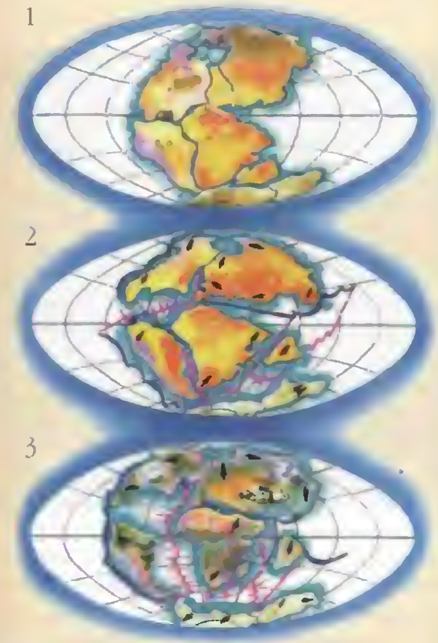
Изобретение фотографии дало астрономам объективный и документальный метод исследования. Однако получить хороший снимок короны тоже нелегко. Дело в том, что ближайшая к Солнцу её часть, так называемая внутренняя корона, сравнительно яркая, в то время как далеко простирающаяся внешняя корона представляется очень бледным сиянием. Поэтому если на фотографиях хорошо видна внешняя корона, то внутренняя оказывается передержанной, а на снимках, где просматриваются детали внутренней короны, внешняя совершенно незаметна. Чтобы преодолеть эту трудность, во время затмения обычно стараются получить сразу несколько снимков короны — с большими и маленькими выдержками. Или же корону фотографируют, помещая перед фотопластиной специальный «радиальный» фильтр, ослабляющий кольцевые зоны ярких внутренних частей короны. На таких



полярность меняется, вновь образовавшееся морское дно намагничивается в противоположном направлении. Чередование полос даёт подробную картину формирования морского дна по обеим сторонам от активного хребта, причём одна сторона является зеркальным отражением другой.

Первые же магнитные карты тихоокеанского дна у берегов Северной Америки, в районе хребта Хуан-де-Фука, показали наличие зеркальной симметрии. Ещё более симметричная картина обнаружена с обеих сторон центрального хребта в Атлантическом океане.

Используя концепцию дрейфа материков, известную сегодня как «новая глобальная тектоника», можно восстановить взаимное расположение континентов в далёком прошлом. Оказывается, 200 млн лет назад они составляли единый материк.



Дрейф континентов:
1 — древняя стадия — единый материк Пангея;
2 — стадия отделения Лавразии и Гондваны;
3 — стадия возникновения современных очертаний.
Красная линия отмечает область расширения, белая — область столкновения.

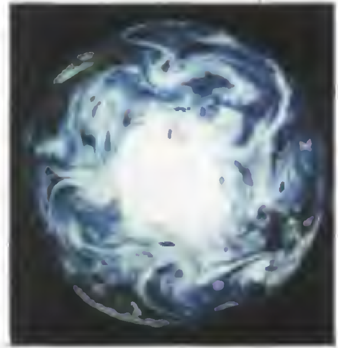
поток Земли с достаточной точностью удалось только во второй половине XX в.

Континентальную земную кору условно можно представить в виде 15-километрового слоя гранита, лежащего на слое базальта такой же толщины. Концентрация радиоактивных изотопов, служащих источниками тепла, в гранитах и базальтах хорошо изучена. Это прежде всего радиоактивный калий, уран и торий. Подсчитано, что при их распаде выделяется примерно 130 Дж/(см^2·год). В то же время средний тепловой поток, который ежегодно рассеивается с поверхности, равен 130—170 Дж/(см^2·год). Следовательно, он почти полностью определяется тепловыделением в гранитном и базальтовом слоях.

С океанической корой всё обстоит иначе. Она значительно тоньше континентальной, и основу её составляет 5—6-километровый базальтовый слой. Распад содержащихся в нём радиоактивных элементов даёт всего около 10 Дж/(см^2·год). Однако, когда в 1956 г. специалисты измерили тепловой поток на океанах, он оказался примерно таким же, как и на материках.

Сегодня установлено, что основная часть тепла поступает в океаническую кору через литосферную плиту из мантии. Вещество мантии постоянно находится в движении. Неравенство температур различных слоёв в ней приводит к активному перемешиванию вещества: более холодное и, соответственно, более плотное тонет, более горячее всплывает. Это так называемая тепловая конвекция.

Большинство современных исследователей указывают на три возможных источника энергии для поддержания тепловой конвекции в мантии. Во-первых, мантия всё ещё сохраняет большое количество тепла, накопленного в период формирования планеты. Его достаточно, чтобы поверхностный тепловой поток сохранялся на его теперешнем уровне в течение срока, в несколько раз превышающего нынешний возраст Земли. При



Южнополярная проекция Земли.







Вид короны в зависимости от активности Солнца. Вытянутая корона соответствует спокойному Солнцу (минимум активности).

1 млн градусов средние скорости атомов водорода превышают 100 км/с, а у свободных электронов они ещё раз в 40 больше. При таких скоростях, несмотря на сильную разреженность вещества (всего 100 млн частиц в 1 см³, что в 100 млрд раз разреженнее воздуха на Земле!), сравнительно часты столкновения атомов, особенно с электронами. Силы электронных ударов так велики, что атомы лёгких элементов практически полностью лишаются всех своих электронов и от них остаются лишь «голые» атомные ядра. Более тяжёлые элементы сохраняют самые глубокие электронные оболочки, переходя в состояние высокой степени ионизации.

Итак, корональный газ — это высокоионизованная плазма; она состоит из множества положительно заряженных ионов всевозможных химических элементов и чуть большего количества свободных электронов, возникших при ионизации атомов водорода (по одному электрону), гелия (по два электрона) и более тяжёлых атомов. Поскольку в таком газе основную роль играют подвижные электроны, его часто называют электронным газом, хотя при этом подразумевается наличие такого количества положительных ионов, которое полностью обеспечивало бы нейтральность плазмы в целом.

Белый цвет короны объясняется рассеянием обычного солнечного света на свободных электронах. Они не вкладывают своей энергии при рассеянии: колеблясь в такт световой волны, они лишь изменяют направление рассеиваемого света, при этом поляризуя его. Таинственные яркие линии в спектре порождены необычным излучением высокоионизованных атомов железа, аргона, никеля, кальция и других элементов, возникающим только в условиях сильного разрежения. Наконец, линии поглощения во внешней короне вызваны рассеянием на пылевых частицах, которые постоянно присутствуют в межзвёздной среде. А отсутствие линий во внутренней короне связано с тем, что при рассеянии на очень быстро движущихся электронах все световые кванты испытывают столь значительные изменения частот, что даже сильные фраунгоферовы линии солнечного спектра полностью «замываются».

Итак, корона Солнца — самая внешняя часть его атмосферы, самая разреженная и самая горячая. Добавим, что она и самая близкая к нам: оказывается, она простирается далеко от Солнца в виде постоянно движущегося от него потока плазмы — *солнечного ветра*. Вблизи Земли его скорость составляет в среднем 400—500 км/с, а порой достигает почти 1000 км/с. Распространяясь далеко за пределы орбит Юпитера и Сатурна, солнечный ветер образует гигантскую *гелиосферу*, граничащую с ещё более разреженной межзвёздной средой.

Фактически мы живём окружённые солнечной короной, хотя и защищённые от её проникающей радиации надёжным барьером в виде земного магнитного поля. Через корону солнечная активность влияет на многие процессы, происходящие на Земле (геофизические явления).

КАК СОЛНЦЕ ВЛИЯЕТ НА ЗЕМЛЮ

Солнце освещает и согревает нашу планету, без этого была бы невозможна жизнь на ней не только человека, но даже микроорганизмов. Солнце — главный (хотя и не единственный) двигатель происходящих на Земле процессов. Но не только тепло и свет получает Земля от Солнца. Различные виды солнечного излучения и потоки частиц оказывают постоянное влияние на её жизнь.

Солнце посылает на Землю электромагнитные волны всех областей спектра — от многокилометровых



часть более тяжёлого вещества всё же успевала опуститься под перемешиваемый слой. В свою очередь дифференциация по плотности приостанавливала конвекцию и сопровождалась дополнительным выделением тепла, ускоряя процесс формирования различных зон в Земле.

Предположительно ядро образовалось за несколько сот миллионов лет. При постепенном остывании планеты богатый никелем железоникелевый сплав, имеющий высокую температуру плавления, начал кристаллизоваться — так зародилось твёрдое внутреннее ядро. К настоящему времени оно составляет 1,7% массы Земли. В расплавленном внешнем ядре сосредоточено около 30% земной массы.

Развитие других оболочек продолжалось гораздо дольше и в некотором отношении не закончилось до сих пор.

Литосфера сразу после своего образования имела небольшую толщину и была очень неустойчивой. Она снова поглощалась мантией, разрушалась в эпоху так называемой великой бомбардировки (от 4,2 до 3,9 млрд лет назад), когда Земля, как и Луна, подвергалась ударам очень крупных и довольно многочисленных метеоритов. На Луне и сегодня можно увидеть свидетельства метеоритной бомбардировки — многочисленные кратеры и моря (области, заполненные излившейся магмой). На нашей планете активные тектонические процессы и воздействие атмосферы и гидросферы практически стёрли следы этого периода.

Около 3,8 млрд лет назад сложилась первая лёгкая и, следовательно, «непотопляемая» гранитная кора. В то время планета уже имела воздушную оболочку и океаны; необходимые для их образования газы усиленно поставлялись из недр Земли в предшествующий период. Атмосфера тогда состояла в основном из углекислого газа, азота и водяных паров. Кислорода в ней было мало, но он вырабатывался в результате, во-первых, фотохимической диссоциации воды и, во-вторых, фотосинтезирующей деятельности простых организмов, таких, как сине-зелёные водоросли.



Лесные пожары. Снимок из космоса.

600 млн лет назад на Земле было несколько подвижных континентальных плит, весьма похожих на современные. Новый сверхматерик Пангея появился значительно позже. Он существовал 300—200 млн лет назад, а затем распался на части, которые и сформировали нынешние материки.

Что ждёт Землю в будущем? На этот вопрос можно ответить лишь с большой степенью неопределённости, абстрагируясь как от возможного внешнего, космического влияния, так и от деятельности человечества, преобразующего окружающую среду, причём не всегда в лучшую сторону.

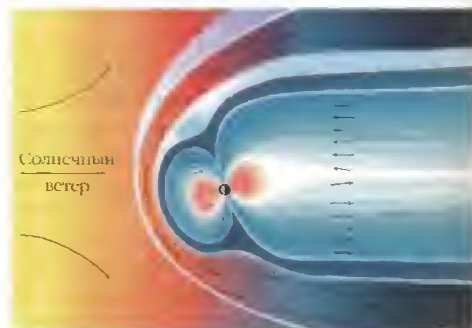
В конце концов недра Земли остынут до такой степени, что конвекция в мантии и, следовательно, движение материков (а значит, и горообразование, извержения вулканов, землетрясения) постепенно ослабнут и прекратятся. Выветривание со временем сотрёт неровности земной коры, и поверхность планеты скроется под водой. Дальнейшая её судьба будет определяться среднегодовой температурой. Если она значительно понизится, то океан замёрзнет и Земля покроется ледяной коркой. Если же температура повысится (а скорее всего именно к этому и приведёт возрастающая светимость Солнца), то вода испарится, обнажив ровную поверхность планеты. Очевидно, ни в том, ни в другом случае жизнь человечества на Земле будет уже невозможна, по крайней мере в нашем современном представлении о ней.

Центральные Анды. Снимок из космоса.





солнечной энергии на Землю и её потерями на планете в общем существует равновесие: сколько поступает, столько и расходуется. В противном случае температура земной поверхности вместе с атмосферой либо постоянно повышалась бы, либо падала.



▸ Магнитосфера Земли, деформированная солнечным ветром.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР И МЕЖПЛАНЕТНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

В конце 50-х гг. XX в. американский астрофизик Юджин Паркер пришёл к выводу, что, поскольку газ в солнечной короне имеет высокую температуру, которая сохраняется с удалением от Солнца, он должен непрерывно расширяться, заполняя Солнечную систему. Результаты, полученные с помощью советских и американских космических аппаратов, подтвердили правильность теории Паркера.

В межпланетном пространстве действительно мчится направленный от Солнца поток вещества, получивший название *солнечный ветер*. Он представляет собой продолжение расширяющейся солнечной короны; составляют его в основном ядра атомов водорода (протоны) и гелия (альфа-частицы), а также электроны. Частицы солнечного ветра летят со скоростями, составляющими несколько сот километров в секунду, удаляясь от Солнца на многие десятки астрономических единиц — туда, где межпланетная среда Солнечной системы переходит в разреженный межзвёздный газ. А вместе с ветром в межпланетное пространство переносятся и солнечные магнитные поля.

Общее магнитное поле Солнца по форме линий магнитной индукции немного напоминает земное. Но силовые линии земного поля близ экватора замкнуты и не пропускают направленные к Земле заряженные частицы. Силовые линии солнечного поля, напротив, в экваториальной области разомкнуты и вытягиваются в межпланетное пространство, искривляясь подобно спиралям. Объясняется это тем, что силовые линии остаются связанными с Солнцем, которое вращается вокруг своей оси. Солнечный ветер вместе с «вмороженным» в него магнитным полем формирует газовые хвосты комет, направляя их в сторону от Солнца. Встречая на своём пути Землю, солнечный ветер сильно деформирует её магнитосферу, в результате чего наша планета обладает длинным магнитным «хвостом», также направленным от Солнца. Магнитное поле Земли чутко отзывается на обдувающие её потоки солнечного вещества.



▸ Траектории частиц солнечного ветра, движущихся вдоль линий индукции магнитного поля. Его спиральная структура обусловлена вращением Солнца.

БОМБАРДИРОВКА ЭНЕРГИЧНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Помимо непрерывно «дующего» солнечного ветра наше светило служит источником энергичных заряженных частиц (в основном протонов, ядер атомов гелия и электронов) с



ского месяца — 27,21222 суток, или 27 сут. 5 ч 5 мин; аномалистического — 27,55455 суток, или 27 сут. 13 ч 18 мин.

Из этих чисел видно, что драконический месяц короче сидерического, а аномалистический, наоборот, длиннее его. Это связано с тем, что линия узлов лунной орбиты медленно поворачивается навстречу движению Луны, совершая полный оборот за 18,6 года, тогда как большая ось лунной орбиты поворачивается в ту же сторону, куда движется Луна, с периодом 8,85 года. Причину этих движений объяснил Ньютон: всё дело оказалось в Солнце.

Солнце вызывает ещё целый ряд периодических возмущений в движении Луны. По традиции, идущей ещё со времён Птолемея, их называют *неравенствами*, хотя смысл этого понятия (отклонения от невозмущённого движения) совсем иной, чем в математике.

Астрономы давно уже прозвали систему Земля — Луна двойной планетой. Ведь не только Луна обращается вокруг Земли, но и Земля под действием притяжения Луны описывает небольшую орбиту вокруг их общего центра масс. Только эта орбита в 81 раз меньше, чем лунная. Центр масс системы Земля — Луна находится

ВРАЩЕНИЕ ЛУНЫ

Иногда приходится слышать мнение, будто Луна совсем не вращается, потому что она обращена к Земле одной стороной. На самом деле это не так. Если наблюдать Луну не с Земли, а с другой планеты (например, с Марса), то можно заметить её вращение. Просто время оборота Луны вокруг своей оси в точности соответствует сидерическому месяцу.

Такое положение установилось за миллиарды лет эволюции системы Земля — Луна под действием приливов в лунной коре, вызываемых Землёй. Поскольку Земля в 81 раз массивнее Луны, её приливы примерно в 20 раз сильнее тех, которые Луна вызывает на нашей планете. Правда, на Луне нет океанов, но её кора подвержена приливному воздействию со стороны Земли, так же, как земная кора испытывает приливы от Луны и Солнца. Поэтому если в далёком прошлом Луна вращалась быстрее, то за миллиарды лет её вращение затормозилось.

Между вращением Луны вокруг оси и её обращением вокруг Земли есть существенное различие. Вокруг Земли Луна обращается по законам Кеплера, т. е. неравномерно: близ перигея быстрее, близ апогея медленнее. Вокруг оси же она вращается совершенно равномерно. Благодаря этому иногда можно немного «заглянуть» на обратную сторону Луны с востока, а иногда — с запада. Такое явление называется *оптической либрацией* (от *лат.* libratio — «качание», «колебание») *по долготе*. А небольшой наклон лунной орбиты к эклиптике даёт возможность временами «заглядывать» на обратную сторону Луны то с севера, то с юга. Это *оптическая либрация по широте*. Обе либрации, вместе взятые, позволяют наблюдать с Земли 59% лунной поверхности. Оптическую либрацию Луны открыл Галилео Галилей в 1635 г., уже после осуждения католической инквизицией.





Земля на небе Луны выглядит не менее красиво, чем Луна на нашем небосклоне.





Полярное сияние.

Вспышки — самые мощные взрывоподобные процессы, наблюдаемые на Солнце, точнее в его хромосфере. Они могут продолжаться всего несколько минут, но за это время выделяется энергия, которая иногда достигает 10^{25} Дж. Примерно такое же количество тепла приходит от Солнца на всю поверхность нашей планеты за целый год.

Потоки жёсткого рентгеновского излучения и солнечных космических лучей, рождающиеся при вспышках, оказывают сильное влияние на физические процессы в верхней атмосфере Земли и околоземном пространстве. Если не принять специальных мер, могут выйти из строя сложные космические приборы и солнечные батареи. Появляется даже серьёзная опасность облучения космонавтов, находящихся на орбите. Поэтому в разных странах проводятся работы по научному предсказанию солнечных вспышек на основании измерений солнечных магнитных полей.

Как и рентгеновское излучение, солнечные космические лучи не доходят до поверхности Земли, но могут ионизовать верхние слои её атмосферы, что сказывается на устойчивости радиосвязи между отдалёнными пунктами. Но действие частиц этим не ограничивается. Быстрые частицы вызывают сильные токи в земной атмосфере, приводят к возмущению магнитного поля нашей планеты и даже влияют на циркуляцию воздуха в атмосфере.

Наиболее ярким и впечатляющим проявлением бомбардировки атмосферы солнечными частицами являются *полярные сияния*. Это свечение в верхних слоях атмосферы, имеющее либо размытые (диффузные) формы, либо вид корон или занавесей (драпри), состоящих из многочисленных отдельных лучей. Сияния обычно бывают красного или зелёного цвета: именно так светятся основные составляющие атмосферы — кислород и азот — при облучении их энергичными частицами. Зрелище бесшумно возникающих красных и зелёных полос и лучей, беззвучная игра цветов, медленное или почти мгновенное угасание колеблющихся «занавесей» оставляют незабываемое впечатление. Подобные явления лучше всего видны вдоль овала полярных сияний, расположенного между 10° и 20° широты от магнитных полюсов. В период максимумов солнечной активности в Северном полушарии овал смещается к югу, и сияния можно наблюдать в более низких широтах.

Частота и интенсивность полярных сияний достаточно чётко следуют солнечному циклу: в максимуме солнечной активности редкий день обходится без сияний, а в минимуме они могут отсутствовать месяцами. Наличие или отсутствие полярных сияний, таким образом, служит неплохим показателем активности Солнца. И это позволяет проследить солнечные циклы в прошлом, за пределами того исторического периода, когда проводились систематические наблюдения солнечных пятен.









◄◄
Крупный кратер на Луне.

◄
Западная полусфера Луны. Такую картину можно наблюдать только с космического аппарата, поскольку с Земли видна лишь половина этой полусферы.



Северный полярный район Луны.

чались на Луне и особенные горы — кольцевые, их именовали также кратерами или цирками. (Греческое слово «кратер» означает «чаша».) Постепенно название «цирк» сошло со сцены, а термин «кратер» остался.

Риччоли предложил давать кратерам имена великих учёных древности и Нового времени. Так появились на Луне кратеры Платон, Аристотель, Архимед, Аристарх, Эратосфен, Гиппарх, Птолемей, а также Коперник, Кеплер, Тихо (Браге), Галилей. Не забыл Риччоли и самого себя. Наряду с этими известнейшими именами есть и такие, которых сегодня не найти ни в одной книге по астрономии, например Аристилл, Автолик, Лангрен, Теофил. Но тогда, в XVII в., этих учёных знали и помнили.

При дальнейшем изучении Луны к названиям, данным Риччоли, добавились новые. На более поздних картах видимой стороны Луны увековечены такие имена, как Флемстид, Деландр, Пиацци, Лагранж, Дарвин (имеется в виду Джордж Дарвин, создавший первую теорию происхождения Луны), Струве, Делиль.

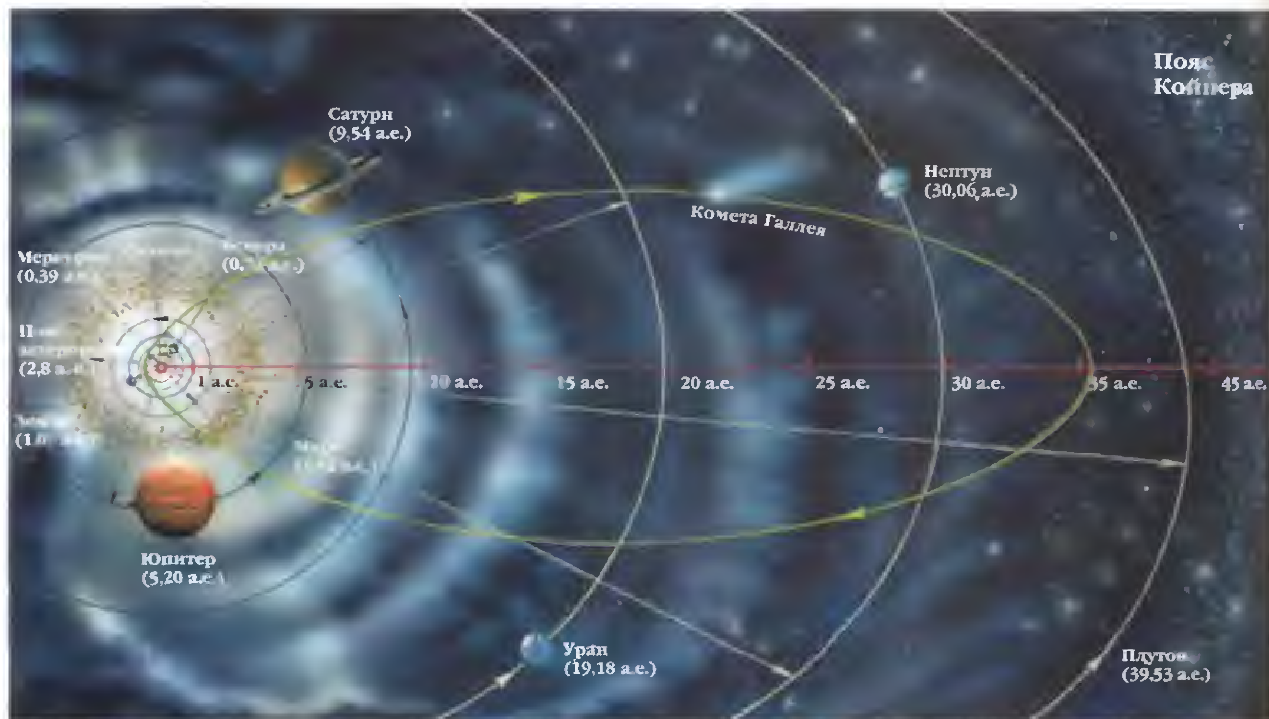
После того как советские автоматические межпланетные станции серии «Луна» сфотографировали обратную сторону Луны, на её карты были нанесены кратеры с именами отечественных учёных и покорителей космоса: Ломоносов, Циолковский, Гагарин, Королёв, Менделеев, Курчатов, Вернадский, Ковалевская, Лебедев, Чебышев, Павлов, а из астрономов — Блажко, Бредихин, Белопольский, Глазенап, Нумеров, Паренаго, Фесенков, Цераский, Штернберг.

ПОВЕРХНОСТЬ ЛУНЫ

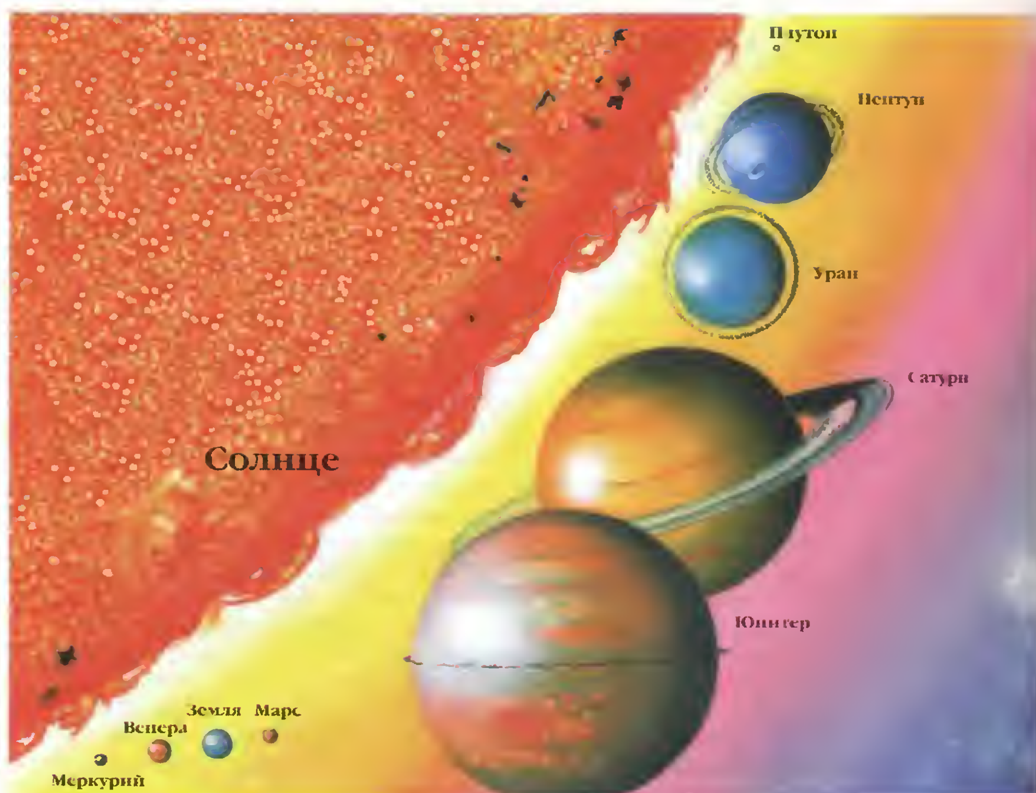
Как образовались лунные кратеры? Этот вопрос стал причиной длительной дискуссии, с лёгкой руки испанского астронома Антонио Палюзи-Бореля получившей название «Столетней войны». Речь идёт о борьбе между сторонниками двух гипотез происхождения лунных кратеров: вулканической и метеоритной.

Согласно вулканической гипотезе, которую выдвинул в 80-х гг. XVIII в.





▲ План Солнечной системы. Указаны средние расстояния планет от Солнца в астрономических единицах (1 а.е. = 149,6 млн км).



► Сравнительные размеры Солнца и планет.



чей, обнаружил странное обстоятельство. Каждый участок лунной поверхности достигает максимальной яркости не тогда, когда Солнце стоит над ним в зените, как следовало ожидать, а в полнолуние, когда отражённый луч идёт навстречу падающему солнечному лучу.

Не сразу астрономы разобрались в причинах подобного явления. Ясные представления о природе лунной поверхности сформировались только в середине XX в. В 50-е гг. было установлено, что лунный грунт действительно мелко раздроблен (очевидно, ударами небольших метеоритов), а такое вещество, как показали теоретические исследования и специальные эксперименты, отражает больше всего света в том направлении, откуда приходит освещающий луч.

В 1959 г. российская исследовательница Надежда Николаевна Сытинская предложила метеорно-шлаковую теорию формирования лунного грунта. Согласно этой теории, тепло, передаваемое при ударе метеорита наружному покрову (*реголиту*) Луны, расходуется не только на его расплавление и испарение, но и на образование шлаков, которые проявляют себя в цветовых особенностях поверхности Луны.

Метеорно-шлаковой теории некоторое время противостояла пылевая гипотеза американского астронома Томаса Голда. Он считал, что Луна покрыта толстым слоем пыли, в котором могут утонуть опускающиеся на её поверхность космические аппараты и сами астронавты. Мягкая посадка на Луну советской автоматической межпланетной станции «Луна-9» 3 февраля 1966 г. полностью опровергла эту точку зрения. В справедливости метеорно-шлаковой теории смогли убедиться американские астронавты Нил Армстронг и Эдвин Олдрин, впервые ступившие на лунную поверхность 21 июля 1969 г.

Ещё в XIX в. была измерена температура лунной поверхности, прослежено её изменение в течение лунных суток, а также во время затмений, когда Луна погружается в тень Земли и лишается при этом солнечного света и тепла. Из-за отсутствия атмосферы в дневные часы (а это 14,7 земных суток!) поверхность Луны под действием палящих солнечных лучей нагревается до 120—130 °С. Ночью же лунное тепло беспрепятственно уходит в мировое пространство и температура падает до −150 °С. Нечто подобное наблюдается и во время лунных затмений.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЛУНЫ

Плотность Луны равна 3340 кг/м^3 — как у земной мантии. Это значит, что наш спутник или не имеет плотного железного ядра, или оно очень маленькое.



Более детальные сведения о внутреннем строении Луны получены в результате сейсмических экспериментов. Они начали проводиться с 1969 г., после посадки на Луну американского космического аппарата «Аполлон-11». Приборы последующих четырёх экспедиций «Аполлон-12, -14, -15 и -16» образовали сейсмическую сеть из четырёх станций, которая работала до 1 октября 1977 г. Ею были зарегистрированы сейсмические толчки трёх типов: тепловые (растрескивание наружной кромки Луны из-за резких перепадов температуры при смене дня и ночи); лунотрясения в литосфере с очагом на глубине не более 100 км (обусловленные наличием больших касательных напряжений, так же, как и в случаях внутриплитовых землетрясений); глубокофокусные лунотрясения, очаги которых расположены на глубинах от 700 до 1100 км (источником энергии для них служат лунные приливы).

Полные выделения сейсмической энергии на Луне за год примерно в миллиард раз меньше, чем на Земле. Это не удивительно, так как тектоническая активность на Луне закончилась несколько миллиардов лет назад, а на нашей планете продолжается и по сей день.

Для выявления структуры подповерхностных слоёв Луны были



ИМЕНА СПУТНИКОВ

В 1610 г. Галилео Галилей, наблюдая в телескоп за перемещением четырёх звёздочек возле Юпитера, установил, что они обращаются вокруг планеты как центрального тела. Он назвал открытые им «звёздочки» Медичейскими светилами в честь своего покровителя — Козимо II Медичи, великого герцога Тосканского. Однако как различить четырёх компаньонов Юпитера между собой? Их пытались именовать по аналогии с планетами, обращающимися вокруг Солнца: Меркурий Юпитера, Венера Юпитера, Марс Юпитера и Юпитер Юпитера. Сам Галилей их просто нумеровал в соответствии с увеличением расстояния от планеты — I, II, III и IV.

Принятый в науке термин «спутник» предложил в 1618 г. Иоганн Кеплер. Другой немецкий астроном, Симон Марий, оспаривавший у Галилея приоритет открытия спутников Юпитера, назвал их в свою очередь в честь собственного патрона, герцога Бранденбургского, Бранденбургскими светилами. В опубликованной им в 1614 г. книге «Мир Юпитера» Марий упомянул также об идее Кеплера дать каждому спутнику индивидуальное наименование: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

Эти имена, почерпнутые из греческой мифологии, имеют прямое отношение к Юпитеру. Верховный владыка небес влюблялся в царевен Ио и Европу и в аркадскую нимфу Каллисто. Сказание о созвездии Большой Медведицы повествует о том, что Зевс-Юпитер, спасая Каллисто от мести своей ревнивой супруги Геры, превратил возлюбленную в медведицу и поместил на небо. За свою красоту был взят на священный Олимп царевич Ганимед и сделался там виночерпием у богов.

Книга Мария привлекла к себе внимание далеко не сразу. Спутникам продолжали присваивать порядковые номера. Однако в 1789 г. Уильям Гершель, опробуя вновь построенный 40-футовый телескоп, открыл шестой и седьмой спутники Сатурна, которые оказались ближе к планете, чем пять уже известных. Это обстоятельство завело в тупик принятую систему их обозначения: нелепо, если номера VI и VII будут находиться ближе к планете, чем I, II, III, IV и V. Если же каждый раз после открытия новых спутников менять всю нумерацию, получится невообразимая путаница!

Вопрос разрешился в 1847 г.: Джон Гершель (сын Уильяма Гершеля) дал спутникам Сатурна имена братьев и сестёр этого бога: Мимас, Энцелад, Фетида, Диона, Рея, Титан. Поэтому, когда в 1848 г. у Сатурна был обнаружен очередной спутник, он в продолжение традиции получил имя Гиперион.

Тогда же (спустя почти два с половиной столетия!) вспомнили о принципе, предложенном Кеплером и описанном в труде Симона Мария: называть спутники Юпитера в честь мифологических персонажей, связанных с Зевсом-Юпитером. Традиция была закреплена Номенклатурной комиссией Международного астрономического союза, в середине 70-х гг. XX в. утвердившей следующие наименования восьми внешних спутников Юпитера: Гималия, Элара, Пасифе, Синопе, Лиситея, Карме, Ананке, Леда. Окончание «е» в названии спутника означает, что он движется по орбите в обратном по отношению ко всем другим спутникам направлении. Право присвоения имени спутнику принадлежит его первооткрывателю при условии соблюдения общей традиции.

Непреложный закон механики утверждает, что изменение момента количества движения системы может произойти только за счёт внешних воздействий — и никогда за счёт взаимодействия элементов системы между собой.

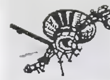
Солнечная система образовалась из вращавшегося газопылевого облака. Его сжатие породило центральное сгущение, которое потом превратилось в Солнце. Частицы, вошедшие в состав Солнца, несли с собой свой момент количества движения. И поскольку они двигались по направлению к оси вращения (т. е. расстояние уменьшалось), то скорость обязана была возрастать — для сохранения момента. Протосолнце, а затем и Солнце должно было вращаться всё быстрее и быстрее. Хорошая иллюстрация такого процесса — выполняющий вращение фигурист: чтобы ускорить вращение, он прижимает руки к корпусу.

Как уже было сказано, на долю Солнца приходится более 99% массы всей Солнечной системы. И при этом Солнце ныне обладает менее чем 2% от общего момента количества движения. Не одно десятилетие бьются астрономы над вопросом: почему Солнце вращается так медленно? Каким образом момент количества движения мог быть передан из внутренних областей Солнечной системы во внешние?

Один из механизмов такой передачи известен: приливное трение, тормозящее вращение тела. Однако приливное воздействие планет на Солнце ничтожно и не может быть причиной наблюдаемого эффекта.

Другой приводящий к торможению фактор — магнитное поле (см. статью «Межзвёздные магнитные поля»). Принципиальных возражений подобное объяснение не вызывает, но конкретное решение проблемы применительно к Солнечной системе связано со многими неопределённостями и не является общепризнанным.

Проблема распределения момента количества движения сравнительно просто решается в космогонической гипотезе английского астронома



тия расположена глубже 1100 км, где скорости сейсмических волн растут.

Одной из сенсаций лунных исследований стало открытие мощной коры толщиной 60—100 км. Это указывает на существование в прошлом на Луне так называемого океана магмы, в недрах которого происходило выплавление и образование коры в течение первых 100 млн лет её эволюции. Можно сделать вывод, что Луна и Земля имели сходное происхождение. Однако тектонический режим Луны отличается от режима тектоники плит, характерного для Земли. Выплавляющаяся базальтовая магма идёт на наращивание лунной коры. Именно поэтому она такая толстая.

ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЛУНЫ

За последние 120 лет были выдвинуты три гипотезы происхождения нашего спутника. Первую предложил в 1879 г. английский астроном и математик Джордж Дарвин, сын известного естествоиспытателя Чарлза Дарвина. Согласно этой гипотезе, Луна отделилась когда-то от Земли, пребывавшей в то время в жидком состоянии (такие представления о прошлом Земли господствовали в конце XIX в.). Изучение эволюции лунной орбиты действительно указывало на то, что некогда Луна была гораздо ближе к Земле, чем теперь.

Изменение взглядов на прошлое Земли и критика гипотезы Дарвина российским геофизиком Владимиром Николаевичем Лодочниковым заставили учёных начиная с 1939 г. искать другие пути образования Луны. В 1962 г. американский геофизик Гарольд Юри предположил, что Земля захватила уже готовую, сформировавшуюся Луну. Однако помимо весьма малой вероятности такого события против гипотезы Юри говорило сходство состава Луны и земной мантии.

В 60-е гг. российская исследовательница Евгения Леонидовна Рускол, развивая идеи своего учителя, академика Отто Юльевича Шмидта, построила теорию совместного образования Земли и Луны как двойной планеты из облака допланетных тел, окружавшего когда-то Солнце. Эту теорию поддержали многие западные учёные. По мнению австралийского геофизика Эдварда Рингвуда, много занимавшегося проблемой происхождения Луны, из всех гипотез, созданных до запуска космических аппаратов серии «Аполлон», только модель Рускол не имеет серьёзных недостатков. Разработка её продолжается.

МАРС БЕЗ МАРСИАН

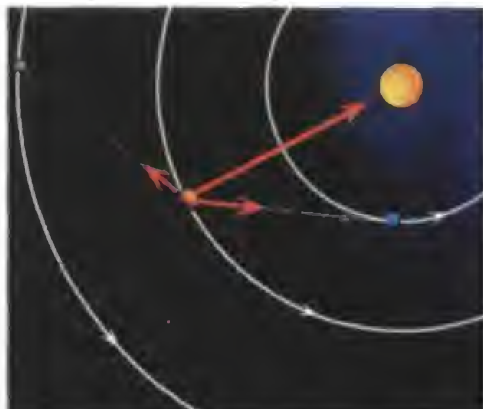
Ещё в глубокой древности люди обратили внимание на ярко-оранжевую звезду, которая время от времени сияла на небосклоне. Древние египтяне и жители Вавилона называли её просто красной звездой. Пифагор предложил именовать её Пирей, что значит «пламенный».

Древние греки посвящали все планеты богам. И конечно, для бога войны Ареса не нашлось более подходящего символа, чем красноватая звезда в чёрном небе. В римской мифологии Аресу соответствовал бог Марс. Так планета обрела своё нынешнее имя. Впрочем, на Руси вплоть до XVIII в. использовались греческие названия планет и Марс именовали Аррисом или Ареем.

Когда в 1877 г. американский астроном Асаф Холл открыл два спутника Марса, он дал им греческие имена Фобос и Деймос, которые переводятся как «страх» и «ужас». Страх и ужас — вечные спутники войны, но кого могут испугать два крохотных безобидных спутника? Многие писатели-фантасты населяли красную планету воинственными чудовищами или человекоподобными существами,







Возмущения планетных орбит.

Джеймса Джинса. Он предположил, что некогда вблизи Солнца прошла звезда и её притяжение вызвало выброс солнечного вещества, из которого в дальнейшем образовались планеты (см. статью «Джеймс Хопвуд Джинс»). Однако сейчас эта идея никем из специалистов не поддерживается.

Обладает ли Солнечная система устойчивостью? Устойчивая система характеризуется тем, что возникающие в ней случайные отклонения (возмущения) не приводят к прогрессирующим изменениям, способным в конце концов её разрушить, а как бы автоматически гасятся самой системой, возвращающейся к первоначальному состоянию. Например, можно добиться равновесия маленького шарика на вершине большого шара. Но стоит слегка толкнуть шарик — и он скатится вниз: система неустойчива. Если тот же шарик положить на дно полусферической чаши и отклонить, он вернётся в первоначальное положение: система устойчива.

Возмущающим фактором для планет Солнечной системы является их гравитационное влияние друг на друга. Оно несколько изменяет орбиту по сравнению с той, по которой каждая планета двигалась бы под действием тяготения одного только Солнца. Вопрос в том, могут ли эти возмущения накапливаться вплоть до падения планеты на Солнце либо удаления её за пределы Солнечной системы, или они имеют периодический характер и параметры орбиты будут всего лишь колебаться вокруг некоторых средних значений.

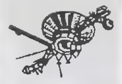
Результаты теоретических и расчётных работ, выполненных астрономами более чем за 200 последних лет, говорят в пользу второго предположения. Об этом же свидетельствуют данные геологии, палеонтологии и других наук о Земле: уже 4,5 млрд лет расстояние нашей планеты от Солнца практически не меняется. И в будущем ни падение на Солнце, ни уход из Солнечной системы Земле не угрожают.

МЕРКУРИЙ — БЛИЖАЙШИЙ К СОЛНЦУ

НЕУЛОВИМАЯ ПЛАНЕТА

Существует легенда, будто Николай Коперник за всю свою жизнь ни разу не видел Меркурий, постоянно скрывающийся в лучах Солнца. Действительно, в бессмертном труде Коперника «О вращениях небесных сфер» не приводится ни одного наблюдения этой планеты, выполненного им самим. В своих расчётах движения Меркурия Коперник использует наблюдения Птолемея, его современника Теона, а из более новых — наблюдения Б. Вальтера и И. Шонера, выполненные в Нюрнберге в 1491—1504 гг. Однако, говоря о трудностях изучения Меркурия на широте Кракова, Коперник замечает: «...всё-таки можно изловить и его, если только приняться за это с несколько большей хитростью». Отсюда можно сделать вывод, что Коперник всё же «излавливал» Меркурий, но предпочёл использовать более точные данные, приводимые Вальтером и Шонером.

В южных широтах, в частности на юге России, увидеть эту планету легче, чем в северных. Сложность в том,



Ось вращения Марса наклонена относительно плоскости его орбиты на 22°, т. е. всего на 1,5° меньше, чем ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики. Перемещаясь по орбите, он поочерёдно подставляет Солнцу то южное, то северное полушарие. Поэтому на Марсе так же, как и на Земле, происходит смена времён года, только тянутся они почти в два раза дольше. А вот марсианский день мало отличается от земного: сутки там длятся 24 ч 37 мин.

Вследствие малой массы сила тяжести на Марсе почти в три раза ниже, чем на Земле. В настоящее время структура гравитационного поля Марса детально изучена. Она указывает на небольшое отклонение от однородного распределения плотности в планете. Ядро может иметь радиус до половины радиуса планеты. По-видимому, оно состоит почти из чистого железа или из сплава Fe—FeS (железо — сульфид железа) и, возможно, растворённого в них водорода. По-видимому, ядро Марса частично или полностью пребывает в жидком состоянии. Наличие у планеты собственного, хотя и очень слабого, магнитного поля, обнаруженного с помощью космических аппаратов серии «Марс», подтверждает это.

Марс должен иметь мощную кору толщиной 70—100 км. Между ядром и корой находится силикатная мантия, обогащённая железом. Красные окислы железа, присутствующие в поверхностных породах, определяют цвет планеты.

Сейчас Марс продолжает остывать. Сейсмическая активность планеты слабая. Сейсмограф на американском посадочном аппарате «Викинг-2» за год работы зафиксировал только один лёгкий толчок, и то скорее всего вызванный не тектоническими процесссами, а падением крупного метеорита.

Тектонический режим Марса отличается от режима тектоники плит, характерного для Земли. Ведь для последнего необходимо, чтобы основная масса выплавляющегося материала снова затягивалась в мантию вместе с океанической корой. На Марсе же мантийная конвекция не выходит на поверхность и выплавляющаяся базальтовая магма идёт на наращивание коры. Эти отличия объясняются прежде всего малой массой Марса (в десять раз меньше земной) и, конечно, тем, что он сформировался дальше от Солнца, вблизи гигантского Юпитера, оказавшего значительное влияние на процесс его образования.



Общий вид Марса с космического аппарата «Викинг». 1976 г.

ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА

> Как только увеличение телескопа позволяет видеть диск Марса, на нём сразу же можно заметить белые шапки, венчающие глобус, усеянный сине-зелёными пятнами на оранжевом фоне.
>
> *П. Ловелл*

Ещё в 1659 г. нидерландский учёный Христиан Гюйгенс впервые описал тёмные области на Марсе. Приблизительно в то же время итальянец Джованни Доменико Кассини обнаружил на планете полярные шапки. До полётов к Марсу разгадать природу деталей марсианского диска не удавалось, хотя на этот счёт высказывалось



☿ МЕРКУРИЙ

Диаметр	4878 км
Масса	$3{,}28\cdot10^{23}$ кг
	0,055 $M_{\oplus}$
Плотность	5500 кг/м^3
Период вращения	58,7 суток
Среднее расстояние от Солнца	0,39 а. е.
Период обращения	88 суток
Эксцентриситет орбиты	0,21
Наклон орбиты	7°



и Меркурием. В периоды наибольшей яркости Меркурий достигает блеска −1-й звёздной величины.

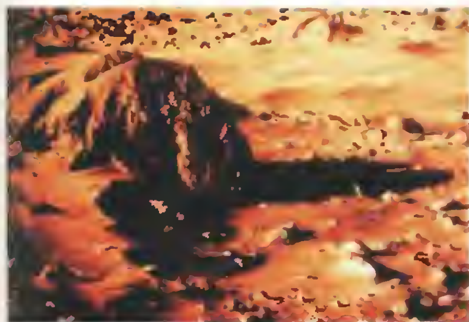
К середине XX в. астрономы уже достаточно хорошо знали элементы орбиты Меркурия. Однако о физических свойствах, о природе самой планеты, о периоде её вращения вокруг оси до самых последних лет было известно удивительно мало. Низкая отражательная способность Меркурия, определяемая малой величиной альбедо (0,07), показывала, что он скорее всего лишён атмосферы. Близость к Солнцу свидетельствовала о том, что на обращённом к нему полушарии планеты должна быть очень высокая температура. Немногочисленные радиометрические измерения подтверждали это.

ДВОЙНИК ЛУНЫ

В 1974 г. американский космический аппарат «Маринер-10» пролетел вблизи Меркурия и передал на Землю изображения его поверхности. Астрономы были поражены: перед ними предстала вторая Луна! Такая же поверхность, испещрённая множеством кратеров, причём некоторые из них, как на Луне, обладали системами светлых лучей. Вот только тёмных пятен, подобных лунным морям, на Меркурии оказалось заметно меньше.

Незадолго до этого открытие кратеров на спутниках Марса Фобосе и Деймосе позволило окончательно установить их ударно-метеоритную природу на всех телах, лишённых атмосферы (Луна, Меркурий, Фобос, Деймос) или имеющих очень разреженную атмосферу (Марс). Впрочем, метеоритные кратеры есть и на Земле. Позже они были обнаружены также на поверхностях спутников планет-гигантов и даже на астероидах. Наличие ударных кратеров на всех этих телах теоретически было предсказано ещё в 1947 г. советскими астрономами Всеволодом Владимиро-







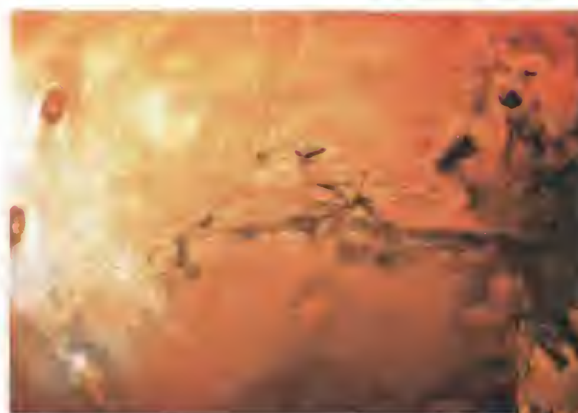
◄◄
Большой камень в марсианской пустыне. Снимок с аппарата «Викинг», достигшего поверхности в этом районе.

◄
Панорама марсианской пустыни.

рее всего она закончилась около миллиарда лет назад. Наиболее активные процессы происходили в областях Элизиум и Фарсида. В своё время они буквально были выдавлены из недр Марса и сейчас возвышаются над его поверхностью в виде грандиозных вздутий: Элизиум высотой 5 км, Фарсида — 10 км. Вокруг этих вздутий сосредоточены многочисленные разломы, трещины, гребни — следы давних процессов в марсианской коре. Наиболее грандиозная система каньонов глубиной несколько километров — долина Маринера — начинается у вершины гор Фарсида и тянется на 4 тыс. километров к востоку. В центральной части долины её ширина достигает нескольких сот километров. В прошлом, когда атмосфера Марса была более плотной, в каньоны могла стекать вода, создавая в них глубокие озёра.

Вулканы Марса — по земным меркам явления исключительные. Но даже среди них выделяется вулкан Олимп, расположенный на северо-западе гор Фарсида. Диаметр основания этой горы достигает 550 км, а высота её 27 км, т. е. она в три раза превосходит Эверест, высочайшую вершину Земли. Олимп увенчан огромным 60-километровым кратером. К востоку от самой высокой части гор Фарсида обнаружен другой крупный вулкан — Альба. Хотя он не может соперничать с Олимпом по высоте, диаметр его основания почти в три раза больше.

Эти вулканические конусы возникли в результате спокойных излияний очень жидкой лавы, похожей по составу на лаву земных вулканов Гавайских островов. Следы вулканического пепла на склонах других гор позволяют предположить, что иногда на Марсе происходили и катастрофические извержения.





Долина Маринера — уникальная система каньонов на Марсе. Длина около 4000 км, ширина около 200 км, глубина около 5 км.

В прошлом огромную роль в формировании марсианского рельефа играла проточная вода. На первых снимках «Маринера-4» Марс предстал перед астрономами пустынной и безводной планетой. Но когда поверхность планеты удалось сфотографировать с близкого расстояния, оказалось, что на старых высокогорьях часто встречаются словно бы оставленные текущей водой промоины. Некоторые из них выглядят так, будто много лет назад их пробили бурные, стремительные потоки. Тянутся они иногда на многие сотни километров. Часть этих колоссальных «ручьёв» обладает довольно почтенным возрастом. Другие долины очень похожи на русла спокойных земных рек. К ним подходят многочисленные притоки, вниз по течению ширина их увеличивается. Своим появлением они, вероятно, обязаны таянию подземного льда.



на Марсе самые высокие горы. Что касается Венеры, то у неё самая плотная атмосфера среди планет земной группы, самое медленное вращение вокруг оси и наименьший эксцентриситет орбиты (0,007).

АТМОСФЕРА

В 1761 г. ожидалось редкое небесное явление: прохождение Венеры перед диском Солнца. Многие астрономы готовились к этому событию и даже снаряжали экспедиции в дальние края для его наблюдений. Ведь, если наблюдать моменты вступления Венеры на солнечный диск и схождения с него из различных, отдалённых друг от друга пунктов Земли, можно вычислить расстояние от Земли до Солнца — астрономическую единицу, одну из фундаментальных постоянных в астрономии, входящую во многие формулы небесной механики.

Готовились к наблюдениям и русские астрономы. Их организатором был Михаил Васильевич Ломоносов. Он направил две экспедиции в Сибирь: в Иркутск (под руководством Н. И. Попова) и в Селенгинск (во главе с С. Я. Румовским), организовал наблюдения в Петербурге, на университетской обсерватории (А. Д. Красильников, Н. Т. Курганов), сам же решил наблюдать дома в небольшую трубу с целью изучения явления как такового.

Радиоизображение диска Венеры по съёмкам космического аппарата «Магеллан».



Когда чёрный диск Венеры уже сходил с солнечного диска, Ломоносов заметил, что тонкая дуга на краю Солнца изогнулась, как бы приподнятая диском Венеры, и образовался яркий выступ — «пупырь», по выражению Ломоносова. Затем «пупырь» лопнул и диск Венеры слился с тёмным фоном неба. Это явление позже, уже в XX в., получило название «явление Ломоносова». Предположив, что оно вызвано преломлением солнечных лучей в атмосфере Венеры, учёный подытожил своё исследование следующими словами: «По сим примечаниям господин советник Ломоносов полагает, что планета Венера окружена знатной воздушной атмосферою, таковой (лишь бы не большею), каковая обливается около нашего шара земного».

Ломоносов опубликовал свой труд на русском и немецком языках, но он прошёл незамеченным, и в 90-х гг. XVIII в. Уильям Гершель и немецкий астроном Иоганн Шретер вторично «открыли» атмосферу Венеры. Приоритет Ломоносова был восстановлен лишь в 50-х гг. XX в. усилиями российских астрономов.

Так или иначе, в конце XVIII столетия стало ясно, что Венера окружена плотной атмосферой и мощным облачным слоем. Из чего же состоит эта атмосфера? И какие частицы образуют облака Венеры?

Когда в 60-х гг. XIX в. астрономы впервые попытались выяснить состав атмосферы Венеры методом спектрального анализа, они прежде всего надеялись обнаружить там «газы жизни» — кислород и водяной пар. Увы, их ожидания не оправдались. Поиски возобновились в XX в. Академик Аристарх Аполлонович Белопольский в Пулкове, Весто Мелвин Слайфер во Флагстаффе (штат Аризона, США) пытались найти признаки полос кислорода и водяного пара на многочисленных спектрограммах Венеры — и вновь безрезультатно.

В 1932 г. американские астрономы У. Адамс и Т. Дэнхем на обсерватории Маунт-Вилсон зафиксировали в спектре Венеры три полосы, принадлежащие углекислому газу (CO_2). Их интенсивность указывала на то, что количество этого газа в атмосфере Венеры во много раз превышает его содержание в земной атмосфере. Попытки обнаружить в спектре Венеры признаки других газов долго оставались безуспешными. Планета была словно укутана чадрой и не желала раскрывать свои тайны.

Тогда учёные принялись исследовать свойства облачного покрова Венеры. В 1923 г. Эдисоном Петтитом и



находится в состоянии, близком к насыщению, и часто собирается в облака. Марсианские облака довольно невыразительны по сравнению с земными. В телескоп видны только самые большие из них, но наблюдения с космических кораблей показали, что на Марсе встречаются облака самых разнообразных форм и видов: перистые, волнистые, подветренные (вблизи крупных гор и под склонами больших кратеров, в местах, защищённых от ветра). Над низинами — каньонами, долинами — и на дне кратеров в холодное время суток часто стоят туманы. Зимой 1979 г. в районе посадки «Викинга-2» выпал тонкий слой снега, который пролежал несколько месяцев.

Смена времён года на Марсе происходит так же, как и на Земле. Ярче всего сезонные изменения проявляются в полярных областях. В зимнее время полярные шапки занимают значительную площадь. Граница северной полярной шапки может удалиться от полюса на треть расстояния до экватора, а граница южной шапки преодолевает половину этого расстояния. Такая разница вызвана тем, что в северном полушарии зима наступает, когда Марс проходит через перигелий своей орбиты, а в южном — когда через афелий (т. е. в период максимального удаления от Солнца). Из-за этого зима в южном полушарии холоднее, чем в северном.

С наступлением весны полярная шапка начинает «съёживаться», оставляя за собой постепенно исчезающие островки льда. В то же время от полюсов к экватору распространяется так называемая волна потемнения. Современные теории объясняют её тем, что весенние ветры переносят вдоль меридианов большие массы грунта с различными отражательными свойствами.

По-видимому, ни одна из шапок не исчезает полностью. До начала исследований Марса при помощи межпланетных зондов предполагалось, что его полярные области покрыты застывшей водой. Более точные современные наземные и космические измерения обнаружили в составе

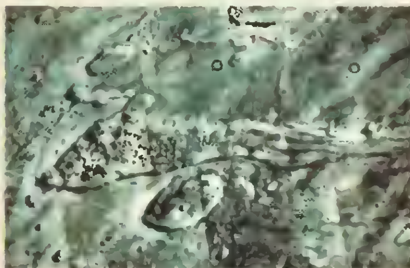
ПЕРЕМЕНЧИВЫЙ МАРСИАНСКИЙ КЛИМАТ

Современный Марс — очень негостеприимный мир. Разреженная атмосфера, к тому же непригодная для дыхания, страшные пылевые бури, отсутствие воды и резкие перепады температуры в течение суток и года — всё это свидетельствует о том, что заселить Марс будет не так-то просто. Но ведь когда-то на нём текли реки! Значит ли это, что в прошлом на Марсе был другой климат?

Есть несколько фактов в поддержку этого утверждения. Во-первых, очень старые кратеры практически стёрты с лица Марса. Современная атмосфера не могла вызвать такого разрушения. Во-вторых, существуют многочисленные следы проточной воды, что также невозможно при нынешнем состоянии атмосферы. Изучение скорости образования и эрозии кратеров позволило установить, что сильнее всего ветер и вода разрушали их около 3,5 млрд лет назад. Приблизительно такой же возраст имеют и многие промоины.

К сожалению, сейчас не удаётся объяснить, что именно привело к таким серьёзным изменениям климата. Ведь для того чтобы на Марсе могла существовать жидкая вода, его атмосфера должна была очень сильно отличаться от нынешней. Возможно, причина этого кроется в обильном выделении летучих элементов из недр планеты в первый миллиард лет её жизни или в изменении характера движения Марса. Из-за большого эксцентриситета и близости к планетам-гигантам орбита Марса, а также наклон оси вращения планеты могут испытывать сильные колебания, как короткопериодические, так и достаточно длительные. Эти изменения вызывают уменьшение или увеличение количества солнечной энергии, поглощаемой поверхностью Марса. В прошлом климат мог испытать сильное потепление, вследствие которого плотность атмосферы повысилась за счёт испарения полярных шапок и таяния подземных льдов.

Предположения о переменчивости марсианского климата подтверждаются недавними наблюдениями на Хаббловском космическом телескопе. Он позволил производить с околоземной орбиты очень точные измерения характеристик атмосферы Марса и даже предсказывать марсианскую погоду. Результаты оказались довольно неожиданными. Климат планеты сильно изменился со времени посадок спускаемых аппаратов «Викинг» (1976 г.): он стал суше и холоднее. Возможно, это связано с сильными бурями, которые в начале 70-х гг. подняли в атмосферу огромное количество мельчайших пылинок. Эта пыль препятствовала остыванию Марса и испарению водяного пара в космическое пространство, но потом осела, и планета вернулась к своему обычному состоянию.



Марс. Провал, образовавшийся при вытаивании подповерхностного льда.



♀ ВЕНЕРА

Диаметр	12 102 км
Масса	$4,87 \cdot 10^{24}$ кг
	$0,82\ M_{\oplus}$
Плотность	5250 кг/м^3
Период вращения	243 суток (вращение обратное)
Среднее расстояние от Солнца	0,72 а. е.
Период обращения	224,7 суток
Эксцентриситет орбиты	0,007
Наклон орбиты	3,4°



последующие 40 лет о природе Венеры удалось узнать намного больше, чем за предыдущие 350 лет телескопических наблюдений.

В 1956 г. астрономы Морской исследовательской лаборатории США впервые зарегистрировали тепловое излучение Венеры на волне 3 см. Оно соответствовало температуре 600 К (свыше 300 °С). После дискуссии о том, что же обладает столь высокой температурой — поверхность планеты или её ионосфера, учёные пришли к выводу, что такова температура поверхности. В 1967 г. в этом окончательно убедили спуск в атмосфере Венеры советской межпланетной станции «Венера-4» и пролёт вблизи планеты американского «Маринера-5». А позднее, после посадки на поверхность планеты станций «Венера-7» (декабрь 1970 г.) и «Венера-8» (июль 1972 г.), выяснилось, что её температура ещё выше, а именно 730—740 К.

В чём причина столь сильного разогрева поверхности Венеры? От Солнца она получает только вдвое больше тепла, чем Земля. Если бы Земля оказалась на её месте, температура нашей планеты повысилась бы не более чем на 60 °С. Значит, должно быть и другое объяснение. Его нашёл американский учёный Карл Саган. Дело в том, что газовая оболочка Венеры — это гигантский парник. Она способна пропускать солнечное тепло, но не выпускает наружу, поглощает излучение самой планеты. Поглотителями являются углекислый газ, на долю которого приходится около 96% состава атмосферы, и водяной пар, хотя его и немного (доли процента).

Кроме того, в атмосфере Венеры были обнаружены азот (4%) и в не-

если на Марсе есть жизнь, то по своей химической природе она не может сильно отличаться от земной. Первый эксперимент был направлен на поиски следов фотосинтеза в марсианском грунте; второй должен был выявить изменение химического состава грунта в процессе жизнедеятельности микроорганизмов; в третьем грунт помещали в питательный бульон и фиксировали изменения в нём. Все три эксперимента показали, что скорее всего даже микроорганизмы на Марсе отсутствуют, хотя из-за некоторых химических сложностей дать совершенно чёткий ответ на вопрос: «Есть ли жизнь на Марсе?» на этот раз не удалось.

Итак, историю поисков жизни на Марсе можно назвать историей разочарования. Человек с давних пор мечтал о встрече с братьями по разуму, и Марс представлялся наиболее вероятной родиной для них. Но современные наблюдения обошлись с этой мечтой крайне безжалостно. Вероятнее всего, в Солнечной системе мы живём совершенно одни. Вопрос же о существовании жизни на Марсе в прошлом, при более благоприятных климатических условиях, остаётся открытым. Так, в августе 1996 г. американские исследователи обнаружили в метеорите, упавшем в Антарктиде, следы существования жизни. Возможно этот метеорит, возраст которого более 1,5 млрд лет, является осколком марсианской породы, выброшенным в космическое пространство в результате столкновения Марса с крупным астероидом. Возможно, жизнь в форме микроорганизмов и существовала ранее на этой загадочной планете.

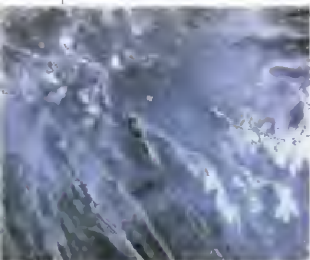
ГИГАНТ ЮПИТЕР

Юпитер — вторая по яркости после Венеры планета. Но если Венеру можно видеть только утром или вечером, то Юпитер иногда ярко сверкает всю ночь. Из-за медленного, величественного перемещения этой планеты среди звёзд древние греки дали ей имя своего верховного бога Зевса; в римском пантеоне ему соответствовал Юпитер.

Дважды Юпитер сыграл важную роль в истории астрономии. Он стал первой планетой, у которой были открыты спутники. В 1610 г. Галилей, направив телескоп на Юпитер, заметил рядом с планетой четыре звёздочки, невидимые простым глазом. Уже на следующий день они изменили своё положение и относительно Юпитера, и относительно друг друга. Проследив за новооткрытыми «звёздами» на протяжении нескольких ночей, Галилей заключил, что наблюдает спутники Юпитера, обращающиеся вокруг него как центрального светила. Это была уменьшенная модель Солнечной системы! Быстрое и хорошо заметное перемещение галилеевых спутников Юпитера — Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто — делает их удобными «небесными часами», и моряки долгое время пользовались ими, чтобы

Юпитер с космического аппарата «Вояджер». Видны спутники Европа и Ганимед.





Трещины на поверхности Венеры.



Лавовые потоки на поверхности Венеры.

СТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Тщательная радиолокационная съёмка северного полушария Венеры с автоматических станций «Венера-15» и «Венера-16», выведенных в 1984 г. на орбиты спутников планеты, показала, что многие горные вершины имеют на склонах явные следы потоков лавы. Ещё заметнее они на радиоизображениях, переданных американским аппаратом «Магеллан», который четыре года (1990—1994 гг.) работал на орбите спутника Венеры.

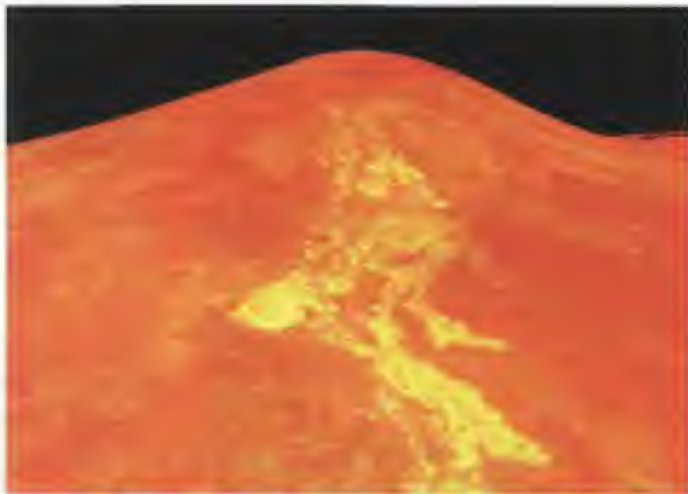
Вулканы проявляют себя и в другом: их извержения порождают мощные электрические разряды — настоящие грозы в атмосфере Венеры, которые неоднократно регистрировались приборами станций серии «Венера». Нет сомнения, что там случаются и венеротрясения. Сравнение изображений, полученных аппаратом «Магеллан» с интервалом в год, выявило явные изменения форм поверхности.

Благодаря работе станций серии «Венера» (особенно «Венера-15 и -16») были составлены карты рельефа северного полушария планеты. Для этого отечественные специалисты применили оригинальную методику с использованием двух радиолокаторов и с последующей компьютерной обработкой изображений. Российские геологи провели детальный анализ рельефа Венеры. Позднее подробную съёмку рельефа всей планеты осуществил американский космический аппарат «Магеллан».

Теперь мы знаем, что рельеф планеты состоит из обширных равнин, пересечённых горными цепями и возвышенностями типа плато. Горные области выглядят как земные материки. Два «континента» Венеры — Земля Иштар и Земля Афродиты — сравнимы по площади с континентальной частью США. Земля Иштар выделяется горами Максвелла, возвышающимися над средним уровнем на 11 км, т. е. они выше земного Эвереста. По восточному краю Земли Афродиты на 2200 км простираются две рифтовые долины, расположенные ниже среднего уровня венерианской поверхности. Горная область Бета представляет собой два громадных вулкана щитообразной формы наподобие вулканов Гавайских островов. Они, как и их земные двойники, поднимаются на 4000 м, но гораздо больше по площади.

Низменности, похожие на океанские бассейны Земли, занимают только шестую часть поверхности планеты, тогда как на Земле — две трети. Есть на Венере и ударные кратеры, подобные лунным. Для крупных метеоритов, астероидов и ядер комет даже плотная атмосфера не преграда. Основная же часть поверхности Венеры — это холмистая рав-

Гора Сиф на Венере.





Эти «оладьи» — своеобразное проявление вулканизма, когда сквозь трещины коры выдавливается очень вязкая лава.



ный радиус стал на 4400 км меньше экваториального, равного 71 400 км. Магнитное поле Юпитера в 12 раз сильнее земного — компас там будет работать отменно, только северный конец стрелки будет всегда направлен на юг.

Возле Юпитера побывало пять американских космических аппаратов: в 1973 г. — «Пионер-10», в 1974 г. — «Пионер-11». В марте и в июле 1979 г. его посетили более крупные и «умные» аппараты — «Вояджер-1 и -2». В декабре 1995 г. до него долетела межпланетная станция «Галилео», которая стала первым искусственным спутником Юпитера и сбросила в его атмосферу зонд.

Совершим и мы небольшое мысленное путешествие в глубь Юпитера.

АТМОСФЕРА. Когда давление атмосферы Юпитера достигнет давления земной атмосферы, остановимся и осмотримся. Наверху видно обычное голубое небо, вокруг клубятся густые белые облака сконденсированного аммиака. Его запах неприятен для человека, поэтому проветривать наш пункт наблюдений не стоит; кроме того, снаружи морозно: –100 °С.

Красноватая окраска части юпитерианских облаков говорит о том, что здесь много сложных химических соединений. Разнообразные химические реакции в атмосфере инициируются солнечным ультрафиолетовым излучением, мощными разрядами молний (гроза на Юпитере должна быть впечатляющим зрелищем!), а также теплом, идущим из недр планеты. Кстати, планета излучает в пространство вдвое больше энергии, чем получает; именно поэтому долгое время считалось, что Юпитер — незасветившаяся звезда. На самом деле это не так: Юпитер не имеет своей «энергостанции» (т. е. в нём не протекают термоядерные реакции), он просто хороший аккумулятор тепла и постепенно отдаёт своё «первородное» тепло, полученное ещё при образовании (чем массивнее утюг, тем дольше он остывает — это знает каждая хозяйка). Для того чтобы превратить Юпитер в самую маленькую звезду, в центре которой могут идти термоядерные реакции, нужно было бы увеличить его массу примерно в 100 раз...

Атмосфера Юпитера кроме водорода (87%) и небольшой доли гелия (13%) содержит малые количества метана, аммиака и водяного пара. Учёные обнаружили также следы ацетилена, этана, угарного газа, синильной кислоты, гидрида германия, фосфина и пропана. Из этой химической «каши» трудно выбрать главных претендентов на роль оранжевого красителя атмосферы: это могут быть соединения фосфора, серы или органические соединения.

Продолжим наше путешествие. Следующий ярус облаков состоит из красно-коричневых кристаллов гидросульфида аммония при температуре –10 °С. Водяной пар и кристаллы воды образуют более низкий ярус облаков при температуре 20 °С и давлении в несколько атмосфер — почти над самой поверхностью океана Юпитера. (Хотя некоторые модели допускают наличие и четвёртого яруса облаков — из жидкого аммиака.)

Толщина атмосферного слоя, в котором возникают все эти удивительные облачные структуры, — 1000 км.

Вид Юпитера с Большим Красным Пятном. Это устойчивое атмосферное образование наблюдается уже более 300 лет.





⊕ ЗЕМЛЯ

Диаметр 12 756 км
Масса $5{,}98 \cdot 10^{24}$ кг
Плотность 5510 кг/м^3
Период вращения 23 ч 56 мин 4,1 с
Среднее расстояние от Солнца 1 а. е. (149,6 млн км)
Период обращения 365,26 суток
Эксцентриситет орбиты 0,017



рентгеновские лучи позволяют увидеть внутренние органы человека, так при исследовании недр планеты на помощь приходят сейсмические волны. Скорость сейсмических волн зависит от плотности и упругих свойств горных пород, через которые они проходят. Более того, они отражаются от границ между пластами пород разного типа и преломляются на этих границах.

По записям колебаний земной поверхности при землетрясениях — *сейсмограммам* — было установлено, что недра Земли состоят из трёх основных частей: *коры*, оболочки (*мантии*) и *ядра*.

Кора отделяется от оболочки отчётливой границей, на которой скачкообразно возрастают скорости сейсмических волн, что вызвано резким повышением плотности вещества. Эта граница носит название *раздел Мохоро́вичича* (иначе — поверхность Мохо или раздел М) по фамилии сербского сейсмолога, открывшего её в 1909 г.

Толщина коры непостоянна, она изменяется от нескольких километров в океанических областях до нескольких десятков километров в горных районах материков. В самых грубых моделях Земли кору представляют в виде однородного слоя толщиной порядка 35 км. Ниже, до глубины примерно 2900 км, расположена мантия. Она, как и земная кора, имеет сложное строение.

Ещё в XIX столетии стало ясно, что у Земли должно быть плотное ядро. Действительно, плотность наружных пород земной коры составляет около 2800 кг/м^3 для гранитов и примерно 3000 кг/м^3 для базальтов, а средняя плотность нашей планеты — 5500 кг/м^3. В то же время су-

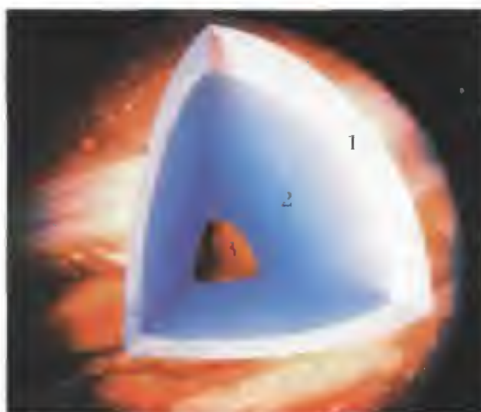


исполинское цунами многокилометровой высоты.

По мере погружения в океан Юпитера на протяжении 20 тыс. километров быстро увеличиваются давление и температура. Когда же это закончится? На расстоянии 46 тыс. километров от центра Юпитера давление достигает 3 млн атмосфер, температура — 11 тыс. градусов. (Напомним, что температура поверхности Солнца около 6 тыс. градусов.) Водород не выдерживает высокого давления и переходит в жидкое металлическое состояние.

Всем хорошо знаком такой жидкий металл, как ртуть. А что представляет собой жидкий металлический водород? Сказать трудно, ведь он не наблюдался в лабораторных условиях. Металлический водород должен быть щелочным металлом. Молекулы водорода распадаются на атомы, электроны отщепляются, и жидкость становится электропроводящей. Буйство магнитогидродинамических, электрических и конвекционных процессов, протекающих во втором, нижнем океане Юпитера представить непросто — уравнения получаются сверхсложные даже для современных компьютеров. Но результат их действия налицо: они генерируют мощное магнитное поле планеты. Если бы можно было увидеть свечение магнитосферы Юпитера, взаимодействующей с солнечным ветром из электронов и протонов, то на нашем небе вокруг Юпитера появилась бы медузообразная структура крупнее Луны.

ЯДРО. Погрузимся ещё на 30 тыс. километров, во второй океан Юпитера. Ближе к центру температура достигает 30 тыс. градусов, а давление — 100 млн атмосфер: здесь располагается небольшое («всего» в 15 масс Земли!) ядро планеты, которое в отличие от океана состоит из камня и металлов. Ничего удивительного в этом нет — ведь и Солнце содержит примеси тяжёлых элементов. Ядро сформировалось в результате слипания частиц, состоящих из тяжёлых химических элементов. Именно с



Внутреннее строение Юпитера. У планеты нет твёрдой поверхности: на определённой глубине вещество атмосферы (1) переходит в особое, газожидкое состояние (2). В центре — твёрдое ядро (3).

него и началось образование планеты (см. статью «История Солнечной системы»).

КОЛЬЦО ЮПИТЕРА

Юпитер преподносит много сюрпризов: он генерирует мощные полярные сияния, сильные радиошумы; возле него межпланетные аппараты наблюдают пылевые бури — потоки мелких твёрдых частиц, выброшенных в результате электромагнитных процессов в магнитосфере Юпитера. Мелкие частицы, которые получают электрический заряд при облучении солнечным ветром, обладают очень интересной динамикой: являясь промежуточным случаем между макро- и микротелами, они примерно одинаково реагируют и на гравитационные, и на электромагнитные поля.

Именно из таких мелких каменных частиц в основном состоит кольцо Юпитера, открытое в марте 1979 г. (косвенное обнаружение кольца в 1974 г. по данным «Пионера» осталось непризнанным). Его главная часть имеет радиус 123—129 тыс. километров. Это плоское кольцо около 30 км толщиной и очень разреженное — оно отражает лишь несколько тысячных долей процента падающего света. Более слабые пылевые структуры тянутся от главного кольца к поверхности Юпитера и образуют над кольцом толстое гало́, простирающееся до ближайших спутников. Увидеть кольцо Юпитера с Земли



ТЕКТОНИКА ПЛИТ

Ещё в 1912 г. немецкий исследователь Альфред Вегенер выдвинул гипотезу дрейфа континентов. На эту идею его натолкнули поразительное соответствие очертаний береговых линий материков Африки и Южной Америки, а также явные следы глобального изменения климата в прошлом во многих регионах мира. Но гипотеза поначалу была отвергнута научным сообществом, так как не указывала причин дрейфа. В 30-е гг. английский геолог Артур Холмс предложил объяснить движение континентов тепловой конвекцией.

В 50-е гг., когда широко проводились исследования дна океана, гипотеза о крупных горизонтальных перемещениях в литосфере получила новые подтверждения. Значительную роль в этом сыграло изучение магнитных свойств пород, слагающих океаническое дно.

Ещё в начале XX в. было установлено, что намагниченность современных лав соответствует нынешнему магнитному полю Земли, а у древних лав она часто ориентирована под большими углами или вообще противоположна направлению современного поля. По сути дела эта картина отражает состояние магнитного поля в предшествующие геологические эпохи. В базальтовых лавах много железа, и они, затвердевая по мере охлаждения, намагничивались в соответствии с существовавшим в тот период геомагнитным полем.

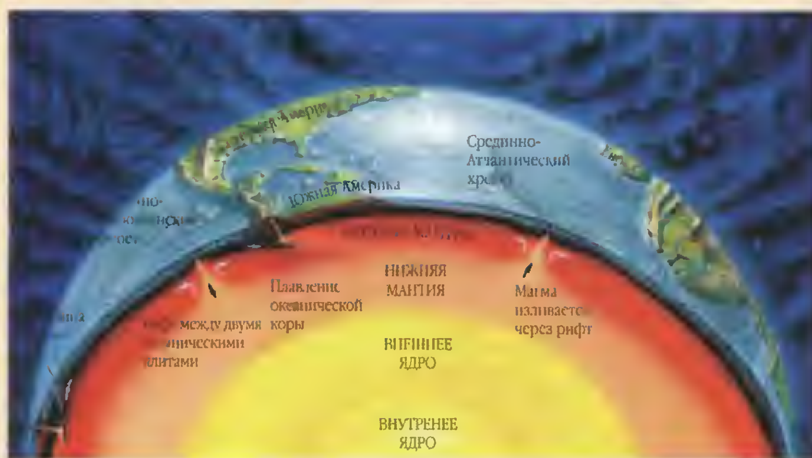
Имелись также данные о перемене полярности: северный магнитный полюс Земли становился южным, и наоборот. Зарегистрировано 16 инверсий магнитных полюсов за последние несколько миллионов лет. (Причины такой переполюсировки до сих пор окончательно не выяснены, предположительно её вызывали процессы, происходившие в жидком ядре.) И, как оказалось, график этих инверсий свидетельствовал в пользу крупномасштабных перемещений материков.

Магнитная съёмка тихоокеанского дна в 1955 и 1957 гг. обнаружила простирающиеся почти параллельно с севера на юг «полосы» с магнитными полями аномальной напряжённости. А в 1963 г. были открыты полосовые магнитные аномалии, вытянутые параллельно хребту Карлсберг в Индийском океане. К этому времени уже стала довольно известной гипотеза, выдвинутая в 1960 г. профессором Принстонского университета (США) Гарри Хессом и названная позже гипотезой *спрединга*, или «расширения морского дна». По ней, горячая полурасплавленная мантийная масса поднимается под срединно-океаническими хребтами, распространяется в стороны от них в виде мощных потоков, которые разрывают и расталкивают плиты литосферы в разные стороны. Мантийное вещество заполняет образовавшиеся с обеих сторон от хребтов трещины — *рифты*.

Но площадь поверхности Земли (как и её объём) практически не изменилась за время её существования. Поэтому если новые участки поверхности наращиваются вдоль хребтов, то где-то они должны и уничтожаться. Вероятнее всего, это происходит в глубоководных океанских желобах. Эти так называемые *зоны субдукции* (поглощения) расположены вдоль вулканических дуг, протянувшихся в Тихом океане от Аляски вдоль Алеутских островов к Японии, Марианским островам и Филиппинам вплоть до Новой Зеландии и вдоль берегов Америки. Когда в этих зонах земная кора опускается до глубины 100—150 км, часть вещества плавится, образуя магму, которая затем в виде лавы прорывается наверх и извергается в вулканах.

Таким образом, земная кора создаётся в рифтовых зонах океанов и, как ленточный конвейер, движется со средней скоростью 5 см в год, постепенно остывая.

Гипотеза спрединга может хорошо объяснить магнитные аномалии морского дна. Если расплавленная порода, изливающаяся в срединно-океанических хребтах, затвердевает с обеих сторон от них, а затем расползается в противоположных направлениях, то она будет создавать полосы, намагниченные согласно с ориентацией магнитного поля в период их застывания. Когда



Между корой Земли и мантией происходит обмен веществом (метаболизм). Срединно-океанические хребты — места выхода вещества верхней мантии. В районах континентальных шельфов и вулканических дуг происходит погружение вещества коры в мантию.

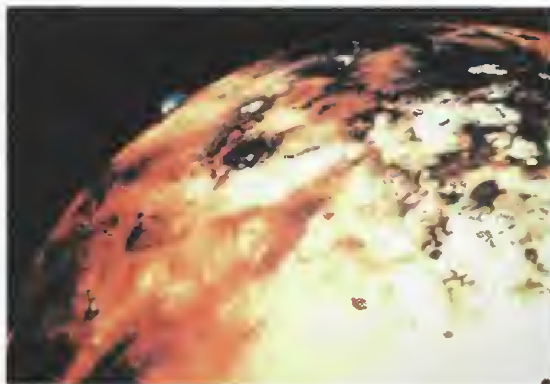


жен потрескавшийся оранжевый остров из твёрдой серы. Чёрные моря Ио медленно колышутся в оранжевых берегах, а в небе над ними нависает громада Юпитера... Существование таких пейзажей вдохновило многих художников.

Вулканическая активность Ио обусловлена гравитационным влиянием на неё других тел системы Юпитера. Прежде всего сама гигантская планета своим мощным тяготением создала два приливных горба на поверхности спутника, которые затормозили вращение Ио, так что она всегда обращена к Юпитеру одной стороной — как Луна к Земле. Поскольку орбита Ио не точный круг, горбы слегка перемещаются по её поверхности, что приводит к разогреву недр. В ещё большей степени этот эффект вызывается приливным воздействием других массивных спутников Юпитера, в первую очередь ближайшей к Ио Европы (кстати, периоды обращения этих спутников находятся в резонансе 1 : 2, на один оборот Европы приходится два оборота Ио). Колебания приливных горбов так разогрели недра Ио, что сейчас она является самым вулканически активным телом Солнечной системы.

В отличие от земных вулканов, у которых мощные извержения эпизодичны, вулканы на Ио «работают» практически не переставая, хотя активность их может меняться. Вулканы и гейзеры выбрасывают часть вещества даже в космос. Поэтому вдоль орбиты Ио тянется плазменный шлейф из ионизованных атомов кислорода и серы и нейтральных облаков атомарных натрия и калия, образуя похожее на бублик пространственное тело, называемое в математике тором.

Ударные кратеры на Ио отсутствуют из-за интенсивной вулканической переработки поверхности. На ней есть каменные массивы высотой до 9 км. Плотность Ио довольно высока — 3000 кг/м^3. Под частично расплавленной оболочкой из силикатов в центре спутника расположено ядро с большим содержанием железа и его соединений.



Спутник Юпитера Ио. Это самое вулканически активное тело Солнечной системы.

ЕВРОПА. Европа чуть меньше (радиус 1569 км), чем Ио, и совсем не похожа на свою бурную соседку. Из галилеевых спутников у Европы самая светлая поверхность с явными признаками водяного льда. Видимо, под ледяной корой в несколько десятков километров существует водный океан, а в центре — массивное силикатное ядро. Плотность спутника высока — 3500 кг/м^3. Разница в составе Ио и Европы связана с большей удалённостью последней от Юпитера — на расстояние 671 тыс. километров.

Геологическая история Европы не имеет ничего общего с историей соседних спутников. Это одно из самых гладких твёрдых тел в Солнечной системе. На Европе нет возвышенностей более 100 м высотой. Вся её молодая ледяная поверхность покрыта сетью светлых и тёмных узких полос огромной протяжённости. Тёмные полосы



Спутник Юпитера Европа. Её поверхность покрыта растрескавшейся ледяной корой.



этом планета должна остывать, но её остывание происходит очень медленно. Во-вторых, определённое количество тепла, по-видимому, поставляется в мантию из ядра. И, наконец, третий источник — это распад радиоактивных элементов (их содержание в мантии в настоящее время трудно оценить).

ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ

Вопрос ранней эволюции Земли тесно связан с теорией её происхождения. Сегодня известно, что наша планета образовалась около 4,6 млрд лет назад. В процессе формирования Земли из частиц протопланетного облака постепенно увеличивалась её масса. Росли силы тяготения, а следовательно, и скорости частиц, падавших на планету. Кинетическая энергия частиц превращалась в тепло, и Земля всё сильнее разогревалась. При ударах на ней возникали кратеры, причём выбрасываемое из них вещество уже не могло преодолеть земного тяготения и падало обратно.

Чем крупнее были падавшие тела, тем сильнее они нагревали Землю. Энергия удара освобождалась не на поверхности, а на глубине, равной примерно двум поперечникам внедрившегося тела. А так как основная масса на этом этапе поставлялась планете телами размером в несколько сот километров, то энергия выделялась в слое толщиной порядка 1000 км. Она не успевала излучиться в пространство, оставаясь в недрах Земли. В результате температура на глубинах 100—1000 км могла приблизиться к точке плавления. Дополнительное повышение температуры, вероятно, вызывал распад короткоживущих радиоактивных изотопов.



▸ Рог Африки. Снимок из космоса.

По-видимому, первые возникшие расплавы представляли собой смесь жидких железа, никеля и серы. Расплав накапливался, а затем вследствие более высокой плотности просачивался вниз, постепенно формируя земное ядро. Таким образом, дифференциация (расслоение) вещества Земли могла начаться ещё на стадии её формирования. Ударная переработка поверхности и начавшаяся конвекция, несомненно, препятствовали этому процессу. Но определённая

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

В настоящее время Земля обладает атмосферой массой примерно $5{,}15 \cdot 10^{18}$ кг, т. е. менее миллионной доли массы планеты. Вблизи поверхности она содержит 78,08% азота, 20,95% кислорода, 0,94% инертных газов, 0,03% углекислого газа и в незначительных количествах другие газы.

Давление и плотность в атмосфере убывают с высотой. Половина воздуха содержится в нижних 5,6 км, а почти вся вторая половина сосредоточена до высоты 11,3 км. На высоте 95 км плотность воздуха в миллион раз ниже, чем у поверхности. На этом уровне и химический состав атмосферы уже иной. Растёт доля лёгких газов, и преобладающими становятся водород и гелий. Часть молекул разлагается на ионы, образуя *ионосферу*.

Выше 1000 км находятся радиационные пояса. Их тоже можно рассматривать как часть атмосферы, заполненную очень энергичными ядрами атомов водорода и электронами, захваченными магнитным полем планеты.

ГИДРОСФЕРА ЗЕМЛИ

Вода покрывает более 70% поверхности земного шара, а средняя глубина Мирового океана около 4 км. Масса гидросферы примерно $1{,}46 \cdot 10^{21}$ кг. Это в 275 раз больше массы атмосферы, но лишь 1/4000 от массы всей Земли.

Гидросферу на 94% составляют воды Мирового океана, в которых растворены соли (в среднем 3,5%), а также ряд газов. Верхний слой океана содержит 140 трлн тонн углекислого газа, а растворённого кислорода — 8 трлн тонн.







◄◄ Спутник Юпитера Ганимед. Его кора состоит из смеси льда и тёмных горных пород.

▲ Спутник Юпитера Каллисто. Здесь больше кратеров, чем на любом другом теле Солнечной системы.

крытые бороздами; они занимают остальные 60% площади Ганимеда.

С точки зрения космического геолога Ганимед — самое привлекательное тело среди спутников Юпитера. Он имеет смешанный силикатно-ледяной состав: мантию из водяного льда и каменное ядро. Его плотность 1930 кг/м³. Понятие «водяной лёд» применительно к Ганимеду и другим спутникам Юпитера имеет непривычное для нас значение. В условиях низких температур и высоких внутренних давлений водяной лёд может существовать в нескольких модификациях с различными типами кристаллической решётки. Богатая геология Ганимеда во многом определяется сложными переходами между этими разновидностями льда. Поверхность спутника припорошена слоем рыхлой каменно-ледяной пыли толщиной от нескольких метров до нескольких десятков метров.

КАЛЛИСТО. Это второй по величине спутник в системе Юпитера, его радиус 2400 км. Среди галилеевых это самый дальний спутник: расстояние от Юпитера 1,88 млн километров, период орбитального вращения 16,7 суток. Если представить Юпитер 10-сантиметровым шаром (яблоком), то Каллисто будет 3-миллиметровой булавочной головкой на расстоянии 130 см от него. Плотность силикатно-ледяной Каллисто низка — 1830 кг/м³. В отличие от Ганимеда вся древняя ледяная поверхность Каллисто предельно насыщена метеоритными кратерами. А её тёмный цвет — результат силикатных и других примесей.

Вероятно, Каллисто — самое кратерированное тело Солнечной системы. Космическим геологам там не скучнее, чем на Ганимеде. Огромной силы удар метеорита вызвал образование гигантской структуры, окружённой кольцевыми волнами, — Вальхаллы. В центре её находится кратер диаметром 350 км, а в радиусе 2000 км от него концентрическими кругами располагаются горные хребты.

САТУРН: ВЕЛИКОЛЕПИЕ КОЛЕЦ

Сатурн представляется невооружённому глазу звездой 1-й звёздной величины, он значительно слабее по блеску, чем Венера, Юпитер и Марс. Его тусклый свет, имеющий матово-белый оттенок, а также очень медленное движение по небу создали планете дурную славу, и рождение под знаком Сатурна считалось недобрым предзнаменованием.

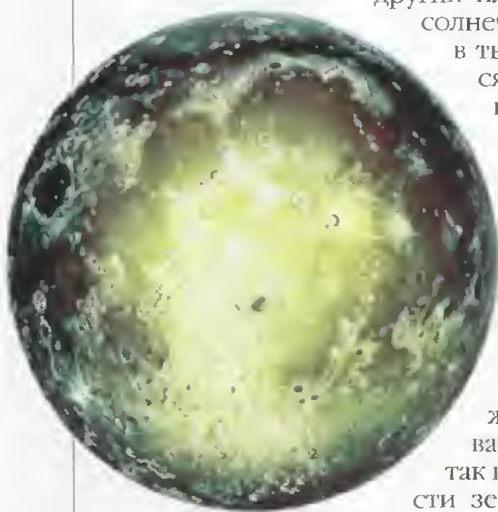
ЛУНА — НАШ КОСМИЧЕСКИЙ СПУТНИК

Луна — это, пожалуй, единственное небесное тело, в отношении которого с древнейших времён ни у кого не было сомнений, что оно движется вокруг Земли. Во II в. до н. э. Гиппарх определил наклон лунной орбиты к плоскости эклиптики и выявил ряд особенностей движения Луны. Он создал весьма совершенную для своего времени теорию её движения, а также теорию солнечных и лунных затмений.

Теорию движения Луны вокруг Земли значительно развил александрийский астроном Клавдий Птолемей (II в.), посвятивший ей одну из книг своего капитального сочинения «Альмагест». В дальнейшем эта теория неоднократно совершенствовалась и уточнялась, а после открытия Исааком Ньютоном закона всемирного тяготения, управляющего движением всех небесных тел (1687 г.), из чисто кинематической (описывающей геометрические свойства движения) она становится динамической (рассматривающей движение тел под действием приложенных к ним сил).

Если рассматривать обращение вокруг Солнца какой-нибудь планеты (например, Марса), то основной силой, направляющей её движение, является притяжение Солнца. Влияние других планет во много раз слабее солнечного, потому что их массы в тысячи, десятки и сотни тысяч раз меньше массы Солнца. Дополнительные ускорения, сообщаемые Марсу притяжением других планет (Земли, Венеры, Юпитера), очень малы, и их можно рассматривать каждое в отдельности, а затем сложить.

Другое дело Луна. Для построения сколько-нибудь точной теории её движения приходится учитывать притяжение как Земли, так и Солнца. Из-за эллиптичности земной орбиты воздействие Солнца изменяется в течение года, а из-за движения Луны по орбите — ещё и в течение месяца. Кроме того, плоскости лунной и земной орбит не совпадают, хотя и наклонены друг к другу под небольшим углом (5°9′). Вот далеко не полный перечень сложностей, встающих перед исследователями. Поэтому не удивительно, что построение точной теории движения Луны было одной из труднейших задач небесной механики на протяжении столетий.


Вид Луны в телескоп.

Сегодня параметры лунной орбиты известны с высокой точностью. Полный оборот вокруг Земли Луна совершает за 27,32166 суток (сут.), или 27 сут. 7 ч 43 мин. Это её звёздный, или сидерический, месяц (период движения Луны на небе относительно звёзд).

Период смены лунных фаз, или синодический месяц, на двое с лишним суток длиннее сидерического, потому что фазы Луны зависят от её положения относительно Солнца, а оно в течение года перемещается по эклиптике (из-за годового движения Земли). Продолжительность синодического месяца нетрудно вычислить по формуле:

$$\frac{1}{P}=\frac{1}{S}-\frac{1}{T},$$

где P, S и T — соответственно продолжительность синодического, сидерического месяцев и сидерического года, т. е. периода обращения Земли вокруг Солнца. По этой формуле находим, что синодический месяц составляет 29,530588 суток, или 29 сут. 12 ч 44 мин.

Астрономы различают ещё *драконический* и *аномалистический* месяцы. Драконический месяц — это период обращения Луны относительно узлов её орбиты, т. е. точек пересечения ею плоскости эклиптики. Он играет важную роль при предвычислении солнечных и лунных затмений. Аномалистический месяц — это период обращения Луны относительно перигея, ближайшей к Земле точке её орбиты. Длительность дракониче-







◄◄ Вид Сатурна с космического аппарата «Вояджер».

▲ Вихри в атмосфере Сатурна.

не может существовать в молекулярном состоянии. Он становится металлическим, хотя и по-прежнему жидким. Течения в этом металлическом океане генерируют довольно сильное магнитное поле Сатурна. В центре планеты находится массивное ядро (до 20 земных масс) из камня, железа и, возможно... льда.

Откуда взяться льду в центре Сатурна, где температура более 10 тыс. градусов? Ведь хорошо знакомая нам кристаллическая форма воды — обыкновенный лёд — плавится уже при температуре 0 °С при нормальном атмосферном давлении. Ещё «нежнее» кристаллические формы аммиака, метана, углекислого газа, которые учёные также называют льдом. Например, твёрдая углекислота (сухой лёд, используемый в различных эстрадных шоу) при нормальных условиях сразу же переходит в газообразное состояние, минуя жидкую стадию.

Но одно и то же вещество может образовывать различные кристаллические решётки. В частности, науке известны кристаллические модификации воды, отличающиеся друг от друга не меньше, чем печная сажа — от химически тождественного ей алмаза. Например, так называемый лёд VII имеет плотность, почти вдвое превосходящую плотность обычного льда, и при больших давлениях его можно нагревать до нескольких сот градусов! Поэтому не стоит удивляться тому, что в центре Сатурна при давлении в миллионы атмосфер присутствует лёд, т. е. в данном случае смесь из кристаллов воды, метана и аммиака.

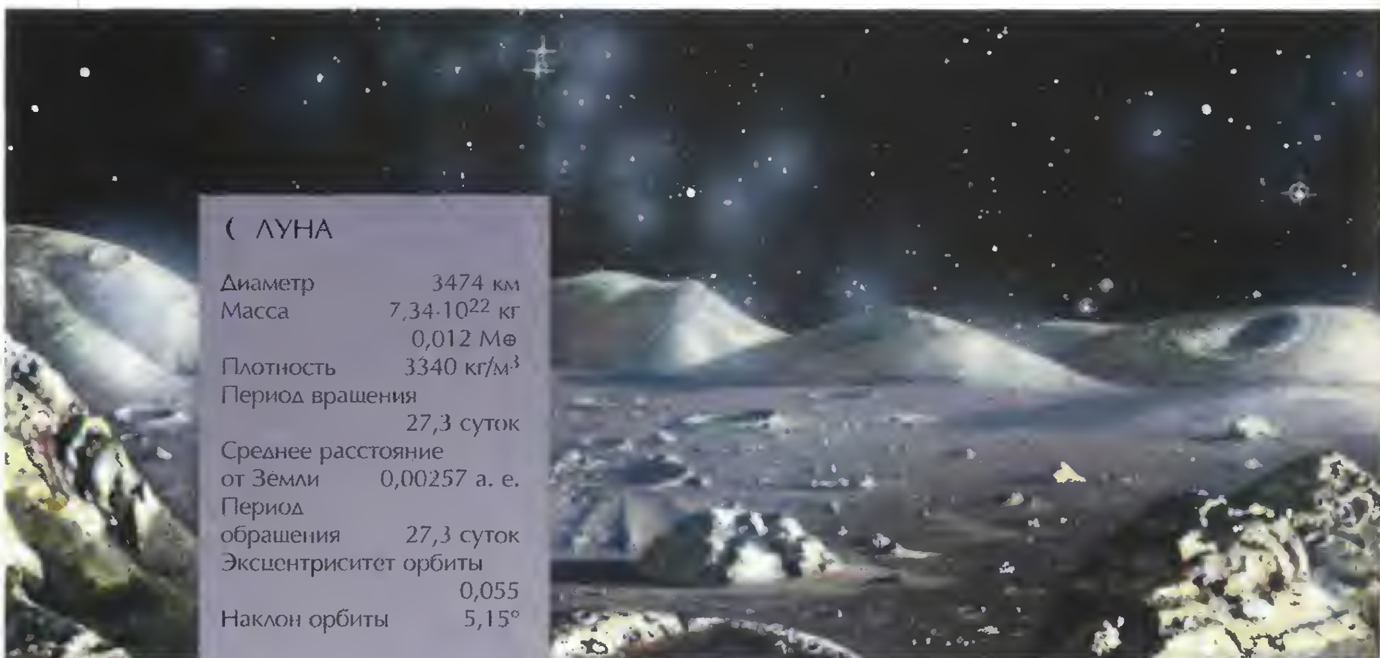
КОЛЬЦА САТУРНА

В июле 1610 г. Галилео Галилей опубликовал зашифрованное сообщение такого содержания: «Отдалённейшую из планет наблюдал тройною». «Отдалённейшей из планет» в то время считали Сатурн, а его кольца выглядели в телескопе Галилея двумя туманными пятнами по краям планеты.



Кольцо Сатурна и спутник Тефия.





☾ ЛУНА

Диаметр	3474 км
Масса	$7{,}34 \cdot 10^{22}$ кг
	0,012 M⊕
Плотность	3340 кг/м^3
Период вращения	27,3 суток
Среднее расстояние от Земли	0,00257 а. е.
Период обращения	27,3 суток
Эксцентриситет орбиты	0,055
Наклон орбиты	5,15°



внутри Земли, на расстоянии 4750 км от центра планеты. И всё же это небольшое движение Земли астрономы учитывают при точных расчётах.

ЛУННАЯ КАРТА

Даже невооружённым глазом на диске Луны видны тёмные пятна различной формы, напоминающие кому лицо, кому двух людей, а кому зайца. Эти пятна ещё в XVII в. стали именовать морями. В те времена полагали, что на Луне есть вода, а значит, должны быть моря и океаны, как на Земле. Итальянский астроном Джованни Риччоли присвоил им названия, употребляемые и по сей день: Океан Бурь, Море Дождей, Море Холода, Море Ясности, Море Спокойствия, Море Изобилия, Море Кризисов, Залив Зноя, Море Облаков и др. Эти топонимы отражали давнее и совершенно неправильное представление, будто Луна влияет на земную погоду. И в названии «Море Кризисов» подразумевались резкие изменения погоды, а вовсе не экономические кризисы.

Более светлые области лунной поверхности считались сушей.

Уже в 1753 г. хорватский астроном Руджер Бошкович доказал, что Луна не имеет атмосферы. При покрытии ею звезды та исчезает мгновенно, а если бы у Луны была атмосфера, звезда меркла бы постепенно. Из этого следовало, что на поверхности Луны не может быть жидкой воды, так как при отсутствии атмосферного давления она бы немедленно испарилась.

Ещё Галилей открыл на Луне горы. Среди них были и настоящие горные хребты, которым стали давать названия земных гор: Альпы, Апеннины, Пиренеи, Карпаты, Кавказ. Но встре-

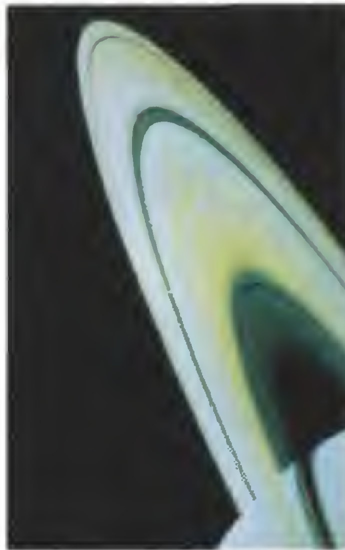


ные станции передали на Землю тысячи фотографий колец Сатурна и его спутников с разрешением до нескольких километров. А просвечивание колец радиосигналами дало возможность изучать их тонкую структуру.

Если «перепрыгнуть» через полтора миллиарда километров, отделяющих нас от Сатурна, и взглянуть на кольца с расстояния 100—200 тыс. километров, то окажется, что они расслаиваются на тысячи колечек. Среди них есть узкие потоки, отклоняющиеся от круговой орбиты. Края некоторых колец зазубриваются, а сами они колышутся под гравитационным напором спутников, изгибаясь и образуя волны. Спиральные волны, эллиптичные кольца, странные переплетения узких колечек... все сюрпризы колец трудно перечислить.

Ну а если приблизиться к кольцам вплотную, то они окончательно потеряют для нас свою монолитность и превратятся в огромное количество отдельных «спутничков» Сатурна — частиц из обычного водяного льда самой разной величины: от мелких пылинок до глыб с поперечником 10—15 м. Основная масса колец Сатурна заключена в частицах метровых размеров. Но это не цельные куски льда, а снежные комья, такие же рыхлые, как свежевыпавший земной снег (только там вряд ли есть узорчатые снежинки).

Эти снежные тела вращаются вокруг Сатурна со скоростью около 10 км/с. Их скорости так хорошо уравнены, что соседние частицы кажутся неподвижными по отношению друг к другу. На самом деле они очень медленно перемещаются в разных направлениях — со скоростью 1—2 мм/с. Примерно с такой скоростью ползают земные улитки. Время от времени можно наблюдать эффектное зрелище — столкновение двух крупных частиц. Вот две глыбы размером с садовый домик начинают медленно соприкасаться друг с другом, сдвигая с поверхности целые сугробы рыхлого снега. Им не повезло: они не выдержали взаимного давления при ударе и медленно развалились на части. Типичная для колец «катастрофа» при скорости миллиметр в секунду! Два больших остатка первоначальных тел продолжают движение, а сброшенные с них сугробы снега, комки и снежная пыль неспешно разлетаются в разные стороны, сверкая в лучах далёкого Солнца. Через несколько дней «пострадавшие» частицы снова вырастут, поймав и поглотив огромное количество более мелких снежков в кольцах.





◄◄ Деление Кассини между яркими кольцами заполнено веществом, похожим на вещество внутреннего (крепового) кольца.

▲ На крупномасштабном снимке видно, что кольца Сатурна состоят из огромного количества тонких колечек.



Кольца Сатурна. Цвета не натуральные — они подчёркивают различие минерального состава колец.



СВЕТЛЫЕ ЛУЧИ ЛУННЫХ КРАТЕРОВ

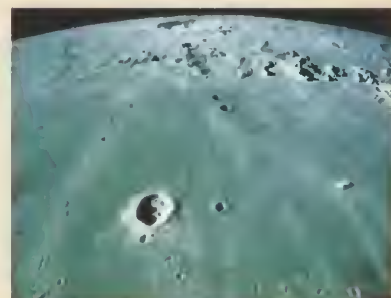
Со времени первых телескопических наблюдений Луны астрономы обратили внимание на то, что от некоторых лунных кратеров строго по радиусам расходятся светлые полосы, или лучи. Центрами светлых лучей являются кратеры Коперник, Кеплер, Аристарх. Но самую мощную систему лучей имеет кратер Тихо: некоторые из его лучей протянулись на 2000 км.

Что за светлое вещество образует лучи лунных кратеров? И откуда оно взялось?

В 1960 г., когда не был ещё завершён спор о происхождении самих лунных кратеров, российские учёные Кирилл Петрович Станюкович и Виталий Александрович Бронштэн, оба горячие сторонники метеоритной гипотезы их образования, предложили следующее объяснение природы лучевых систем.

Удар крупного метеорита или небольшого астероида о поверхность Луны сопровождается взрывом: кинетическая энергия ударяющего тела мгновенно переходит в тепло. Часть энергии затрачивается на выброс лунного вещества под разными углами. Значительная часть выброшенного вещества улетает в космос, преодолевая силу притяжения Луны. Но вещество, выброшенное под небольшими углами к поверхности и с не очень большими скоростями, падает обратно на Луну. Эксперименты с земными взрывами показывают, что выбросы вещества происходят струями. А поскольку таких струй должно быть несколько, получается система лучей.

Но почему они светлые? Дело в том, что лучи состоят из мелко раздробленного вещества, которое всегда светлее, чем плотное вещество того же состава. Это установили опыты профессора Всеволода Васильевича Шаронова и его сотрудников. И когда первые астронавты ступили на поверхность Луны и взяли вещество лунных лучей для исследования, эта гипотеза подтвердилась.



Светлые лучи кратера Тихо.

немецкий астроном Иоганн Шретер, кратеры возникли в результате грандиозных извержений на поверхности Луны. В 1824 г. его соотечественник Франц фон Груйтуйзен предложил метеоритную теорию, объяснявшую образование кратеров падением метеоритов. По его мнению, при таких ударах происходит продавливание лунной поверхности.

Лишь через 113 лет, в 1937 г., российский студент Кирилл Петрович Станюкович (будущий доктор наук и профессор) доказал, что при ударах метеоритов с космическими скоростями происходит взрыв, в результате которого испаряется не только метеорит, но и часть пород в месте удара. Взрывная теория Станюковича разрабатывалась в 1947—1960 гг. им самим, а потом другими исследователями.

Полёты к Луне начиная с 1964 г. американских космических аппаратов серии «Рейнджер», открытие кратеров на Марсе и Меркурии (вторая половина 60-х гг.), а затем на спутниках планет и астероидах (70—90-е гг.) подвели окончательный итог в этой «Столетней войне», продолжавшейся даже не 100 лет, а гораздо дольше (впрочем, и историческая Столетняя война длилась 116 лет). Метеоритная теория теперь является общепринятой.

В 1811 г. французский астроном Франсуа Араго открыл поляризацию света, отражаемого Луной. Это означало, что лунная поверхность должна быть покрыта слоем тонко раздробленного грунта. В морях поляризация была сильнее, чем на материках.

В 1918 г. российский учёный Николай Павлович Барабашов, изучая зависимость яркости лунных образований от угла падения солнечных лу-



Молодой кратер на Луне. Изменение рельефа Луны происходит в основном за счёт метеоритной и микрометеоритной бомбардировки.



Титана). У наиболее крупных спутников формируется внутреннее каменистое ядро.

Большинство спутников, кроме Гипериона и Фебы, имеет синхронное собственное вращение — они повёрнуты к Сатурну всегда одной стороной (как Луна по отношению к Земле). Информации о вращении самых мелких спутников нет. Сделаем краткий обзор спутников Сатурна, начиная с ближайших к планете.

На внешнем краю колец Сатурна с помощью межпланетных аппаратов и космических телескопов обнаружено десять маленьких (диаметрами 10—100 км) ледяных спутников. Два из них — **Прометей** и **Пандора** (радиусы орбит — 139 и 142 тыс. километров) — как бы «стерегут» узкое кольцо, расположенное между ними. Эти спутники-«пастухи», вызывая у него сильное возмущение, создают иллюзию переплетённого в косичку кольца. Два других — **Янус** и **Эпиметий** — находятся практически на одной орбите радиусом 151 тыс. километров. Они «танцуют» на орбите, периодически меняясь местами (то один, то другой спутник приближается к планете).

Мимас был открыт У. Гершелем в 1789 г. (вместе с другим спутником — Энцеладом). Он имеет сферическую форму. Огромный кратер, названный Гершель, шириной 130 км достигает 1/3 диаметра самого спутника (400 км). Очевидно, это след от падения гигантского метеорита. Тело несколько большего размера могло просто расколоть спутник на части. Радиус орбиты Мимаса 185,5 тыс. километров.

Энцелад (диаметр 500 км, радиус орбиты 238 тыс. километров) отражает практически 100% падающего на него света. Это самое светлое тело Солнечной системы, вероятно, покрытое тонким сплошным слоем молодого инея. Энцелад — наиболее геологически активный спутник Сатурна. На нём могут быть водные вулканы (гейзеры), которые обновляют иней на поверхности и служат источником вещества для разреженного пылевого кольца вдоль орбиты спутника. Энергетический источник вулканической и геологической активности Энцелада неизвестен.

Тефия (диаметр 1050 км, радиус орбиты 295 тыс. километров) примечательна кратером Одиссей шириной 400 км (2/5 диаметра спутника) и гигантским каньоном Итака, протянувшимся на 3 тыс. километров. Это единственный спутник в Солнечной системе, имеющий два маленьких (размером 20 км) коорбитальных спутника — **Телесто** и **Калипсо**, расположенных на 60° впереди и позади Тефии — в так называемых точках Лагранжа. Три спутника на одной орбите! Аналогом может служить только Юпитер, который подобным образом «пасёт» на своей орбите два скопления астероидов. Тефия открыта вместе с Дионой в 1684 г. Джованни Доменико Кассини.

Диона (диаметр 1120 км, радиус орбиты 377 тыс. километров) похожа на Тефию и имеет маленький коорбитальный спутник **Елену** на 60° впереди себя. Был ли, а если был, то куда делся второй коорбитальный спутник на 60° позади — неизвестно.

Рея (диаметр 1530 км, радиус орбиты 527 тыс. километров) — густократерированное тело, второй по размерам (после Титана) спутник Сатурна. Рея менее геологически активна, чем Диона, на поверхности которой заметны деформации коры. Открыта Дж. Д. Кассини в 1672 г.

Титан — самый крупный спутник Сатурна — весит в 20 раз больше всех остальных спутников, вместе взятых. Это второй по величине (после Ганимеда) спутник планеты в Солнечной системе: его диаметр 5150 км — больше, чем у Меркурия. Радиус его орбиты 1,222 млн километров. Открыт в 1655 г. Х. Гюйгенсом.

Плотность Титана — 1880 кг/м^3. Его внутреннее строение похоже на строение юпитерианских спутников Ганимеда и Каллисто, т. е. у него есть каменистое ядро и ледяная мантия. Из-за более низкой, чем у спутников Юпитера, температуры, при которой проходило его образование, Титан может содержать кроме водяного



Спутник Сатурна Мимас.



Спутник Сатурна Энцелад. На его поверхности заметны следы как метеоритной бомбардировки, так и деформации под действием внутренних сил.



Спутник Сатурна Диона.



проведены активные сейсмические эксперименты: сейсмические волны возбуждались падением отработанных частей космических аппаратов «Аполлон» или искусственными взрывами на поверхности Луны. Как выяснилось, мощность реголитового покрова колеблется в пределах 9 — 12 м. Под ним располагается слой толщиной от нескольких десятков до сотен метров, вещество которого состоит из выбросов, возникших при образовании больших кратеров. Далее до глубины 1 км идут слои из трещиноватого базальтового материала.

По сейсмическим данным мантию Луны можно разделить на три составляющие: верхнюю, среднюю и нижнюю. Толщина верхней мантии — около 400 км. В ней сейсмические скорости слабо убывают с глубиной. На глубинах примерно 500—1000 км сейсмические скорости в основном остаются постоянными. Нижняя ман-

ЛУННАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

Экспедиции американских астронавтов на Луну (1969—1972 гг.), посадки советских автоматических станций «Луна-16, -20 и -24» (1970—1976 гг.), доставлявших на Землю лунный грунт, — эти замечательные эксперименты привели к возникновению новой науки — лунной минералогии. Лунные минералы попали в руки специалистов, стало возможным сравнивать их строение и состав с земными минералами и метеоритами.

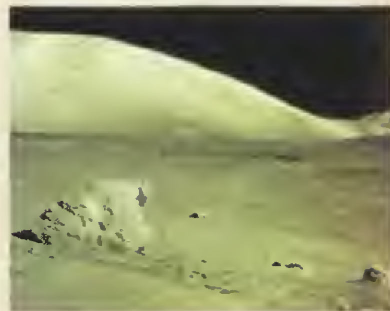
Прежде всего по содержанию радиоактивных изотопов был определён возраст лунных пород. Древнейшие из них, как показало исследование уран-свинцовым методом, образовались 4,46 млрд лет назад. Близкие результаты дало применение стронциевого метода. Но ведь почти таков же (4,6 млрд лет) возраст древнейших горных пород Земли и метеоритов. Значит, именно тогда, около 4,5 млрд лет назад, сформировалась Солнечная система, в том числе Земля, Луна и те тела, осколки которых прилетают к нам в виде метеоритов.

Анализ лунных минералов позволил понять, в чём состоят различия между материками и морями на Луне. Выяснилось, что моря покрыты вулканическими породами, в основном базальтами. Они имеют округлую форму, ровную поверхность, об относительной молодости которой говорит не только радиоактивный анализ, но и сравнительно малое число кратеров, образованных ударами крупных метеоритов. Всё это показывает, что «моря» — результат грандиозных лавовых излияний из недр Луны, вызываемых ударами о её поверхность небольших астероидов.

Таким образом, когда-то лунные моря были настоящими морями, только не водными, а лавовыми. Радиоактивный анализ показал, что большинство из них (Море Паров, Море Ясности, Море Спокойствия, Океан Бурь) образовалось 4 млрд лет назад. Несколько моложе Море Дождей: со времени его возникновения прошло 3,87 млрд лет. Вероятно, в этот период на Луну выпадали остатки того роя тел, из которого сформировались Земля и Луна.



Скала Серебряная Шпора. Заметна слоистость пород, говорящая об их осадочном происхождении.



Место посадки одного из аппаратов серии «Аполлон».



Астронавт Эдвин Олдрин на Луне. 1969 г.



Астронавт Джеймс Ирвин на Луне. 1971 г.



Заметив в свой телескоп светлый диск, движущийся по небу, Гершель принял его за комету и сообщил об открытом небесном теле профессиональным астрономам в Гринвич. Довольно быстро выяснилось, что это новая планета, и весть об открытии облетела всю Европу.

Любопытно, что знаменитый немецкий астроном Иоганн Боде, составляя извещение об этом уникальном факте, даже не знал, как пишется имя первооткрывателя, и привёл несколько его вариантов, взятых из разных источников. После открытия Урана (название дано Боде) Гершель стал широко известен, был избран членом Лондонского королевского общества и получил должность придворного астронома. За последующие 40 лет он сделал множество замечательных открытий, в частности впервые наблюдал два крупнейших спутника Урана (1787 г.) и два спутника Сатурна (1789 г.). Но главным его открытием всё-таки остался Уран, вдвое расширивший границы известной Солнечной системы.

Когда о Земле говорят «голубая планета» — это ласковое преувеличение. Основная её палитра включает белый (облака, льды), жёлто-коричневый (суша) и свинцово-серый (океан) цвета. По-настоящему голубой планетой оказался далёкий Уран!



◄ На цветоконтрастном снимке Урана видны полосы, подобные полосам Юпитера и Сатурна.

Причина этого кроется в составе атмосферы Урана и её температуре. При морозе (–218 °С) в верхних слоях водородно-гелиевой атмосферы сконденсировалась и теперь постоянно присутствует метановая дымка. Метан хорошо поглощает красные лучи и отражает голубые и зелёные. Поэтому Уран и приобрёл красивый аквамариновый цвет.

Типичные для Юпитера и Сатурна белые аммиачные облака на Уране сформировались в нижних слоях атмосферы и поэтому не видны. Лишь на низких широтах было замечено несколько светлых облаков. По их движению скорость ветра на больших высотах оценивалась в 100 м/с. Никаких других структур на однородном диске Урана не найдено — все атмосферные течения скрыты метановой дымкой.

В верхней атмосфере Урана наблюдаются различные «электросияния», подобные земным полярным сияниям. Их вызывают потоки элементарных частиц (протонов, электронов), бомбардирующих газовую оболочку планеты. Сияния подобного рода типичны для планет-гигантов из-за их сильного магнитного поля.

У Урана почти такое же сильное магнитное поле, как у Земли, только конфигурация его необычна: магнитный полюс отклоняется от географического почти на 60°. Так что компас там не будет указывать на географический полюс. А самая примечательная особенность этой планеты заключается в том, что она вращается «лёжа на боку» (даже слегка «вниз головой»): наклон её оси вращения 98°.

Уран получает почти в 400 раз меньше света, чем наша планета. Для чувствительного человеческого глаза это соответствует освещённости на Земле сразу после захода Солнца, в начале сумерек. Для сравнения можно добавить, что освещённость на Уране в 1000 раз больше, чем в ясную ночь полнолуния на Земле.

Под газовой оболочкой толщиной около 8 тыс. километров (треть радиуса планеты!) должен располагаться

♂ МАРС

Диаметр	6794 км
Масса	$6{,}42 \cdot 10^{23}$ кг
	0,11 M⊕
Плотность	3930 кг/м^3
Период вращения	24 ч 37 мин
Среднее расстояние от Солнца	1,52 а. е.
Период обращения	686,98 суток
Эксцентриситет орбиты	0,093
Наклон орбиты	1,85°



стремящимися уничтожить землян. В наши дни журналисты прозвали Марс Бермудским треугольником Солнечной системы: слишком уж часто космические миссии, направляющиеся к нему, заканчиваются неудачами...

Какой же предстаёт перед нами сейчас красная планета, породившая столько иллюзий?

МАРС КАК ПЛАНЕТА

Исследовать Марс удобнее всего тогда, когда Земля окажется точно между ним и Солнцем. Такие моменты (они называются *противостояниями*) повторяются каждые 26 месяцев. В течение того месяца, когда происходит противостояние, и в последующие три месяца Марс пересекает меридиан близ полуночи; он виден на протяжении всей ночи и сверкает как звезда −1-й звёздной величины, соперничая по блеску с Венерой и Юпитером.

Орбита Марса довольно сильно вытянута, поэтому расстояние от него до Земли от противостояния к противостоянию заметно меняется. Если Марс попадает в противостояние с Землёй в афелии, расстояние между ними превышает 100 млн километров. Если же противостояние происходит при наиболее благоприятных условиях, в перигелии марсианской орбиты, это расстояние уменьшается до 56 млн километров. Такие «близкие» противостояния называются *великими* и повторяются через 15—17 лет. Последнее великое противостояние произошло в 1988 г.

Марс имеет фазы, но, поскольку он расположен дальше от Солнца, чем Земля, полной смены фаз у него (как и у других внешних планет) не бывает — максимальный «ущерб» соответствует фазе Луны за три дня до полнолуния или спустя три дня после него.

ским астрономом Уильямом Ласселлом в 1851 г. с помощью мощного телескопа, построенного им на острове Мальта. Они тоже имеют почти одинаковый размер: Умбриэль диаметром 1170 км обращается вокруг Урана на расстоянии 265 тыс. километров; Ариэль диаметром 1160 км движется по орбите радиусом 191 тыс. километров. Умбриэль — самый тёмный спутник системы Урана, отражающий всего 19% падающего на него света, с безликой, сильно кратерированной поверхностью. Ариэль — самый светлый, он отражает 40% солнечного света. На его поверхности сохранились следы крупномасштабных геологических движений и явные признаки древнего вулканизма. Большие кратеры почти отсутствуют на молодой поверхности Ариэля.

В 1948 г. американский астроном Джерард Койпер впервые наблюдал пятый спутник Урана — **Миранду**, находящуюся на расстоянии 130 тыс. километров от планеты. Это небольшой спутник (диаметр 470 км) с интереснейшими следами неожиданно бурного геологического прошлого.

«Вояджер-2» в январе 1986 г. передал на Землю отличные изображения Миранды с разрешением до 1 км. По этим снимкам специалистам даже удалось составить стереоскопическое изображение части её экзотического рельефа, где выделяются обширные бороздчатые области, напоминающие вспаханные поля. Область, в которой борозды сходятся под углом, получила неофициальное название «шеврон». На краю её, в районе южного полюса, расположен почти отвесный обрыв высотой 15 км. Остаётся непонятным, откуда взялась энергия для такой геологической активности Миранды.

Наименование спутников Урана положило начало отступлению от греко-римской традиции. Дело в том, что к моменту их открытия имена детей греческого бога Урана — титанов и гигантов — уже были присвоены спутникам Сатурна. Поэтому Гершель назвал спутники Урана в честь героев комедии Уильяма Шекспира «Сон в летнюю ночь»: Оберон и Титания.





◄◄ Спутник Урана Миранда.

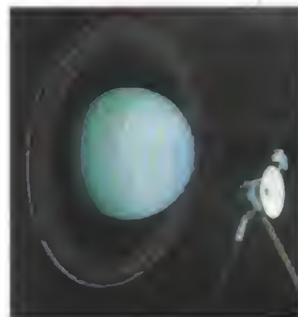
▲ Спутник Урана Ариэль.

Имя Умбриэль взято из поэмы Александра Попа, а в остальных случаях победила шекспировская традиция: Ариэль и Миранда — персонажи пьесы «Буря».

КОЛЬЦА УРАНА

Новая эпоха в истории изучения системы Урана началась 10 марта 1977 г. В тот день Уран, двигаясь по небу, закрывал своим диском довольно яркую звезду. Это событие готовились наблюдать многие астрономы, в том числе и на летающей американской Койперовской обсерватории, размещённой на самолёте «Боинг». Измеряя ослабление света звезды с помощью крупного телескопа (диаметр его зеркала 91 см), они надеялись получить новую информацию об атмосфере Урана. Телескоп и аппаратуру включили заранее. Совершенно неожиданно приборы стали фиксировать кратковременные затмения звезды ещё до расчётного времени. Они зарегистрировали девять «миганий» звезды до, а затем и после покрытия её планетой. Так были открыты девять плотных, узких и далеко отстоящих друг от друга угольно-чёрных колец Урана.

Это стало сенсацией: в Солнечной системе обнаружена вторая после сатурнианской система планетных колец! Они являли собой полные противоположности: светлые и широкие снежные кольца Сатурна — и в тысячу раз более узкие, чёрные и каменистые кольца Урана. Впоследствии

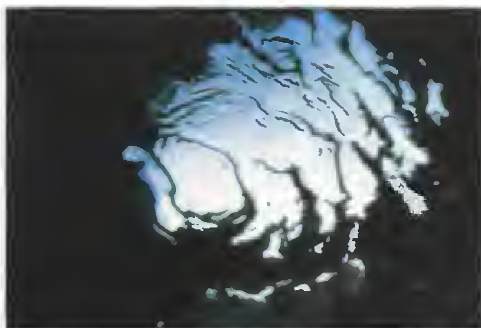


Кольца Урана и аппарат «Вояджер».



Кольца Урана крупным планом.





Полярная шапка Марса зимой. Она состоит в основном из твёрдой углекислоты, которая летом испарится, оставив небольшой участок настоящего водяного льда.

множество гипотез. Только в 60—70-х гг. XX столетия фотографии советских «Марсов» и американских «Маринеров» позволили исследовать рельеф красной планеты с близкого расстояния, а Викинги «перенесли нас» прямо на её поверхность.

На первый взгляд поверхность Марса напоминает лунную. Однако на самом деле его рельеф отличается бóльшим разнообразием. На протяжении долгой геологической истории Марса его поверхность изменяли извержения вулканов и марсотрясения. Глубокие шрамы на лице бога войны оставили метеориты, ветер, вода и льды.

Поверхность планеты состоит как бы из двух контрастных частей: древних высокогорий, покрывающих южное полушарие, и более молодых равнин, сосредоточенных в северных широтах. Кроме того, выделяются два крупных вулканических района — Элизиум и Фарсида. Разница высот между горными и равнинными областями достигает 6 км. Почему разные районы так сильно отличаются друг от друга, до сих пор неясно. Возможно, такое деление связано с очень давней катастрофой — падением на Марс крупного астероида.

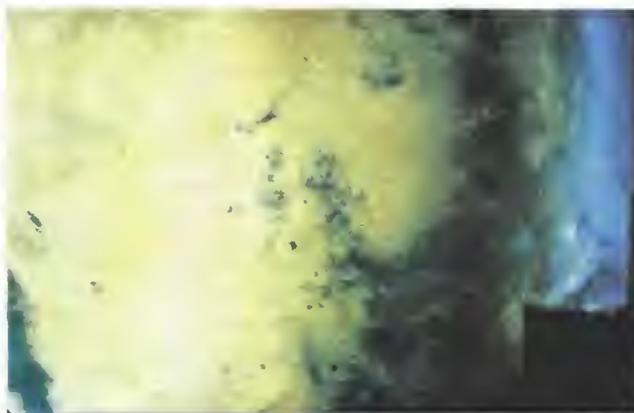
Высокогорная часть сохранила следы активной метеоритной бомбардировки, происходившей около 4 млрд лет назад. Метеоритные кратеры покрывают 2/3 поверхности планеты. На старых высокогорьях их почти столько же, сколько на Луне. Но многие марсианские кратеры из-за выветривания успели «потерять форму». Некоторые из них, по всей видимости, когда-то были размыты потоками воды.

Северные равнины выглядят совершенно иначе. 4 млрд лет назад на них также было множество метеоритных кратеров. Но потом катастрофическое событие, о котором мы уже упоминали, стёрло их с 1/3 поверхности планеты и её рельеф в этой области начал формироваться заново. Отдельные метеориты падали туда и позже, но в целом ударных кратеров на севере мало.

Облик этого полушария определила вулканическая деятельность. Некоторые из равнин сплошь покрыты древними изверженными породами. Потоки жидкой лавы растекались по поверхности, застывали, по ним текли новые потоки. Эти окаменевшие «реки» сосредоточены вокруг крупных вулканов. На окончаниях лавовых языков наблюдаются структуры, похожие на земные осадочные породы. Вероятно, когда раскалённые изверженные массы растапливали слои подземного льда, на поверхности Марса образовывались достаточно обширные водоёмы, которые постепенно высыхали. Взаимодействие лавы и подземного льда привело также к появлению многочисленных борозд и трещин. На далёких от вулканов низменных областях северного полушария простираются песчаные дюны. Особенно много их у северной полярной шапки.

Обилие вулканических пейзажей свидетельствует о том, что в далёком прошлом Марс пережил достаточно бурную геологическую эпоху, ско-

Покрытый кратерами участок марсианской поверхности вблизи полярной шапки.





учёные пришли к выводу, что за ним находится ещё одна планета Солнечной системы: она-то своим тяготением и сбивает его с «пути истинного». Но чтобы найти эту неведомую планету, требовалось по отклонениям Урана от предвычисленных положений узнать характер её движения и положение на небе.

За решение этой трудной задачи взялись двое молодых учёных — англичанин Джон Адамс и француз Урбен Леверье. Оба они добились сходных результатов, но Адамсу не повезло: его расчётам не поверили и наблюдений по существу не начали. Напротив, сразу после получения письма от Леверье, где сообщалось предполагаемое положение неизвестной планеты, немецкий наблюдатель Иоганн Галле приступил к поискам. Уже на следующий день, 23 сентября 1846 г., он обнаружил светило, имеющее заметный диск, координаты которого отличались от координат известных звёзд. Так, «на кончике пера», был открыт Нептун — восьмая большая планета Солнечной системы.

Нептун почти не меняет свой блеск, соответствующий примерно 8-й звёздной величине. Так что планету можно увидеть в хороший бинокль, но нужно точно знать, где её искать на небе. В атмосфере Нептуна (как и Урана) меньше водорода и гелия, чем у Юпитера и Сатурна, а его красивая синева связана с тем, что атмосферный метан эффективно поглощает красные лучи. На Нептуне заметны пятна антициклонов. Самый крупный из них назван Большим Тёмным Пятном. Он украшен по краю белыми облаками; время кругооборота вещества в нём — 16 дней.

По строению и составу Нептун похож на Уран. Весит он чуть больше, а радиус его почти совпадает с радиусом Урана. Магнитное поле Нептуна сходно по силе с земным. Магнитный полюс планеты отстоит от географического на 47°.

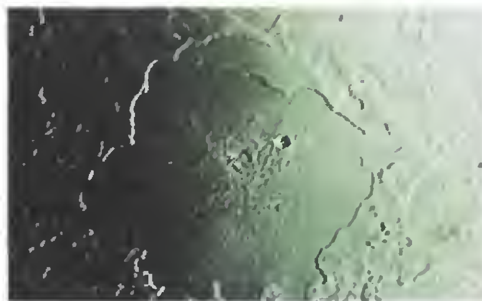
Нептун медленно плывёт вокруг Солнца по гигантскому кругу с радиусом в 30 раз большим, чем радиус орбиты Земли. До 1999 г. он будет самой крайней планетой Солнечной системы, так как Плутон, двигаясь по орбите со значительным эксцентриситетом, в этот период находится внутри орбиты Нептуна.



Нептун с Большим Тёмным Пятном. Снимок космического аппарата «Вояджер».

СПУТНИКИ

В октябре 1846 г. английский астроном-любитель Уильям Ласселл открыл у Нептуна спутник — **Тритон**. Спутник оказался необычным: он движется в направлении, противоположном вращению самой планеты. Сейчас установлено, что четыре внешних спутника Юпитера и самый внешний спутник Сатурна — Феба — также являются обратными. Тем не менее Тритон выделяется среди них: его диаметр — 2700 км, и в нём сосредоточена почти вся масса спутниковой системы Нептуна. Кроме того, он обращается очень близко к Нептуну — на расстоянии всего



Ледяное озеро на Тритоне.





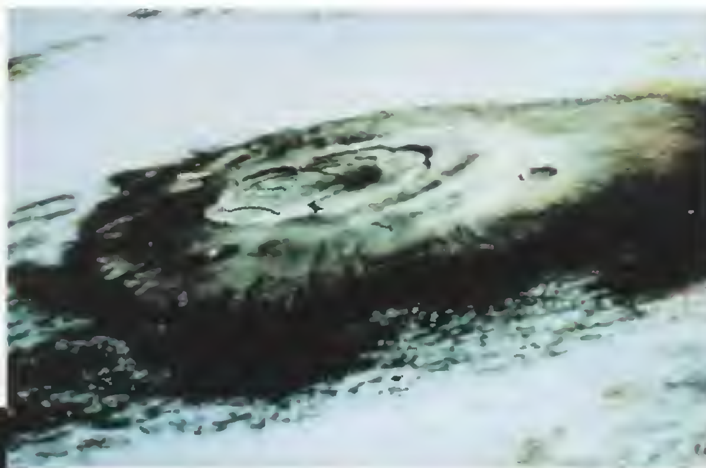
Сравнительные размеры вулкана Олимп на Марсе и самых больших вершин на Земле.

Венеры и на 95% состоит из углекислого газа. Около 4% приходится на долю азота и аргона. Кислорода и водяного пара в марсианской атмосфере меньше 1%.

Средняя температура на Марсе значительно ниже, чем на Земле, — около −40 °С. При наиболее благоприятных условиях летом на дневной половине планеты воздух прогревается до 20 °С — вполне приемлемая температура для жителей Земли. Но зимней ночью мороз может достигать −125 °С. Такие резкие перепады температуры вызваны тем, что разреженная атмосфера Марса не способна долго удерживать тепло.

▸▸ Сухие русла на поверхности Марса. По-видимому, климат планеты в прошлом был иной и по ней текли водные потоки.

▸ Гора Олимп высотой около 27 км. В центре — кальдера сложной структуры, что говорит о неоднократных извержениях в прошлом.







▴ Деталь кальдеры вулкана Олимп.

Рельеф полярных областей Марса формировался и ныне формируется за счёт процессов, связанных с изменениями полярных шапок. От обоих полюсов на сотни километров к экватору тянутся нагромождения осадочных пород толщиной 4—6 км на севере и 1—2 км на юге. Их поверхность изрезана трещинами и обрывами. Трещины закручиваются вокруг полюсов: против часовой стрелки на северном полюсе и по часовой стрелке на южном. Нагромождения имеют слоистую структуру, что, вероятно, объясняется периодическими изменениями климата Марса.

АТМОСФЕРА И КЛИМАТ

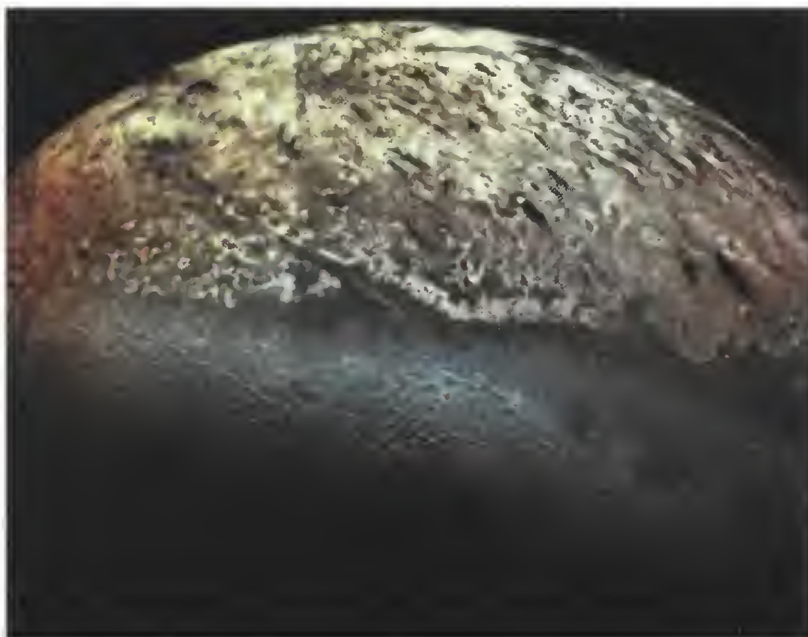
Атмосфера Марса более разреженна, чем воздушная оболочка Земли. По составу она напоминает атмосферу

Над поверхностью планеты часто дуют сильные ветры, скорость которых доходит до 100 м/с. Малая сила тяжести позволяет даже разреженным потокам воздуха поднимать огромные облака пыли. Иногда довольно обширные области на Марсе бывают охвачены грандиозными пылевыми бурями. Чаще всего они возникают вблизи полярных шапок. Глобальная пылевая буря на Марсе помешала фотографированию поверхности с борта зонда «Маринер-9». Она бушевала с сентября 1971 по январь 1972 г., подняв в атмосферу на высоту более 10 км около миллиарда тонн пыли.

Водяного пара в марсианской атмосфере совсем немного, но при низких давлении и температуре он









Тёмные шлейфы на поверхности Тритона — следы вулканизма.



Спутник Нептуна Тритон. Полярная шапка состоит из замёрзшего азота.

светлая и отражает 70—90% солнечного света.

«Вояджер» открыл на розоватом Тритоне невиданные ранее геологические структуры, трещины и узорчатые равнины. Метеоритных кратеров на нём почти не сохранилось. Совершенно неожиданно в этом царстве холода обнаружены действующие гейзеры — султаны многокилометровой высоты. Поверхность спутника ледяная, при таких низких температурах замерзает не только вода, но и азот. Именно из твёрдого азота состоит южная полярная шапка Тритона, на которой бьют гейзеры. Источником энергии для вулканической деятельности служит солнечный нагрев, вызывающий парниковый эффект в толще прозрачного азотного льда. Когда на южном полюсе Тритона наступает весна (она длится более 40 лет), в полярной шапке образуются подлёдные линзы жидкого азота, прорывающегося наружу в виде гейзеров. На высоте примерно 8—10 км столб гейзера начинает расплываться и разносится ветром в разреженной атмосфере на многие десятки километров. Это эффектное зрелище «Вояджер-2» даже сфотографировал, но, к сожалению, с большого расстояния.

В последние годы удалось разгадать тайну происхождения гигантского обратного спутника Нептуна. Компьютерные расчёты свидетельствуют: чем дольше образовывалась спутниковая система, тем больше захватывала планета обратных частиц. Чем дальше она отстоит от Солнца, тем медленнее формирует себя и свою спутниковую систему. Околопланетный диск возле Нептуна складывался так медленно, что обратно движущееся вещество стало доминировать, в нём и зародился огромный Тритон.

АРКИ В КОЛЬЦАХ НЕПТУНА

Особая глава в истории исследований системы Нептуна посвящена его кольцам. После того как в 1977 г. по затмению звезды были обнаружены кольца Урана, аналогичные наблюдения начали проводить для Нептуна. И действительно, в середине 80-х гг. учёные открыли у этой планеты кольца, но очень странные: они были неполными. Эти разорванные кольца стали называть *дугами* или *арками*. Вещество в них распределено неравномерно: плотность резко падает у





Утренние туманы в Лабиринте Ночи (система каньонов на Марсе).

марсианского льда также замёрзший углекислый газ. Летом он испаряется и поступает в атмосферу. Ветры переносят его к противоположной полярной шапке, где он снова замерзает. Этим круговоротом углекислого газа и разными размерами полярных шапок объясняется непостоянство давления марсианской атмосферы. В целом у поверхности оно составляет приблизительно 0,006 давления земной атмосферы, но может подниматься и до 0,01.



Перспективный снимок района Эллада на Марсе. Видно пылевое облако в атмосфере.

СПУТНИКИ МАРСА ФОБОС И ДЕЙМОС

«...Кроме того, они открыли две маленькие звезды, или два спутника, обращающиеся около Марса. Ближайший из них удалён от центра этой планеты на расстояние, равное трём её диаметрам, второй находится от неё на расстоянии пяти таких же диаметров».

С Марсом связано множество загадок, и одна из них заключена в этой фразе из романа Джонатана Свифта о приключениях Гулливера. За полтораста лет до открытия спутников Марса английскому писателю удалось предугадать их существование! А обнаружил две маленькие марсианские луны в 1877 г. Асаф Холл. С Земли Фобос и Деймос видны только в большой телескоп как очень слабые светящиеся точки вблизи яркого марсианского диска.



Спутник Марса Фобос. Удар метеорита, образовавший самый крупный кратер — Стикни, был настолько силён, что едва не разрушил спутник.

Фобос обращается вокруг Марса на расстоянии 9400 км от центра планеты, причём скорость его обращения столь велика, что один оборот он совершает за треть марсианских суток, обгоняя суточное вращение планеты. Из-за этого Фобос восходит на западе и опускается за горизонт на востоке. Деймос ведёт себя более привычно для нас. Его удаление от центра планеты составляет более 23 тыс. километров, и на один оборот у него уходит почти на сутки больше, чем у Фобоса.

Сильное приливное трение, возникающее вследствие близкого расположения Фобоса к Марсу, уменьшает энергию его движения, и спутник медленно приближается к поверхности планеты, чтобы в конце концов упасть на неё, если к тому времени гравитационное поле Марса не разорвёт его на куски. Пока не были получены более точные данные о спутниках Марса, учёные пытались определить массу Фобоса, ошибочно предполагая, что причиной замедления является его торможение в марсианской атмосфере. Однако первые результаты обескуражили астрономов: выходило, что, несмотря на крупные размеры, спутник очень лёгкий. Известный астрофизик Иосиф Самуилович Шкловский даже выдвинул гипотезу, согласно которой спутники Марса... пустые внутри и, следовательно, имеют искусственное происхождение.

С этой точкой зрения пришлось расстаться после того, как космические зонды передали на Землю изображения марсианских лун. Оба спутника похожи на продолговатые картофелины. Фобос имеет размеры 28 × 20 × 18 км. Деймос меньше, его размеры 16 × 12 × 10 км. Состоят они из одной и той же тёмной породы, похожей на вещество некоторых метеоритов и астероидов. Поверхность их изрыта метеоритными кратерами. Крупнейший кратер на Фобосе называется Стикни. Его размеры сравнимы с размерами самого спутника. Удар, приведший к появлению тако-



способность) меньше, чем у Марса, — то и с Землёй.

Поэтому в течение 40 лет Плутон считали по размерам и массе равным Земле, в крайнем случае — Марсу. Но вот в апреле 1965 г. Плутон проходил вблизи звезды 15-й величины, причём так близко, что, если бы его диаметр превышал 5500 км, он бы полностью заслонил собой эту звезду. На самом же деле звезда закрыта не была. Это означало, что диаметр Плутона меньше 5500 км.

Новый этап в исследованиях Плутона начался в 1978 г., когда астроном Джеймс Кристи на Морской обсерватории в том же Флагстаффе с помощью полутораметрового рефлектора обнаружил у него неяркий спутник, получивший имя Харон (согласно древнегреческой мифологии, так звали перевозчика, переправлявшего души умерших через реки подземного царства). По периоду обращения спутника вокруг планеты астрономы вычислили массу Плутона — $1{,}3 \cdot 10^{22}$ кг, что составляет примерно 1/500 массы Земли и 1/6 массы Луны.

Оставалось определить точные размеры Плутона и Харона. И тут учёным необычайно повезло. Орбита Харона расположена таким образом, что раз в 124 года (половина периода обращения Плутона вокруг Солнца) для земных наблюдателей наступает пятилетний период, когда через каждые 6,4 суток Харон проходит перед диском Плутона и с таким же интервалом (но на 3,2 суток раньше или позже) скрывается за планетой. Очередная серия таких прохождений и покрытий пришлась на 1985—1990 гг.

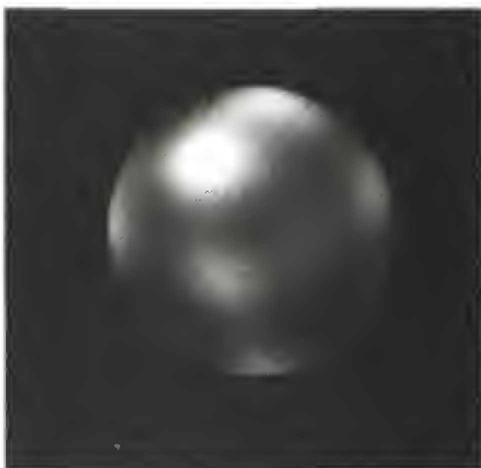
Наблюдения этих явлений позволили точно установить диаметры Плутона (2290 км) и Харона (1186 км). Независимое определение размеров Плутона было выполнено по наблюдениям покрытия им звезды 9 июня 1988 г. Была рассчитана средняя плотность обоих тел — 2100 кг/м^3. Это меньше плотности скальных пород, но вдвое больше плотности льда. По-видимому, Плутон состоит и из того, и из другого.



Плутон и Харон. Снимок Хаббловского космического телескопа.

Таким образом, Плутон является самой маленькой среди больших планет (раньше это «звание» принадлежало Меркурию). Кроме того, он (а не Земля) обладает самым массивным спутником (по отношению масс спутник/планета). В самом деле, Луна имеет массу, равную 1/81 массы Земли, а Харон — примерно 1/8—1/10 массы Плутона (точно это отношение пока не установлено).

Ещё в 1976 г. Дейл Крукшенк и его коллеги из университета штата Гавайи (США) обнаружили у Плутона разреженную атмосферу, состоящую из метана (CH_4). Дальнейшие исследования подтвердили их открытие. Давление этой атмосферы у поверхности планеты в 7 тыс. раз меньше



Пятна на поверхности Плутона. Компьютерная обработка изображения, полученного с Хаббловского космического телескопа.



ПОСЫЛКА С МАРСА

7 августа 1996 г. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) провело пресс-конференцию, посвящённую выдающемуся открытию американских учёных. В метеорите, предположительно марсианского происхождения, они обнаружили следы микроорганизмов и другие признаки существования на красной планете в далёком прошлом органической жизни. Открытие было столь значительным, что собравшихся поздравил сам президент США Билл Клинтон.

Вот история этого метеорита. Его космический возраст 1,5—3,6 млрд лет. Именно тогда он сформировался в коре Марса. 16 млн лет назад удар кометы или астероида «выбил» этот кусок из коры Марса в космос. Преодолев притяжение планеты, он двигался как самостоятельное небесное тело до тех пор, пока 13 тыс. лет назад не повстречал Землю и не упал в Антарктиде, где его и нашли в 1984 г. Пролежав на полке девять лет, метеорит ALH 84001 весом 1,9 кг наконец попал в руки специалистов. Сначала в нём нашли карбонатные шарики (карбонаты — соединения углерода). Затем «гость» с другой планеты подвергся просвечиванию под электронным микроскопом.

На полученных фотографиях чётко различались образования, напоминающие бактерии. А около них обнаружены следы органических соединений — полициклических ароматических углеводородов. По краям карбонатных шариков выявлены мельчайшие частички оксида и сульфида железа. Из опыта изучения земных окаменелостей было известно, что эти частички — продукты жизнедеятельности бактерий.

Но не могли ли эти бактерии иметь земное происхождение? Ответ был дан отрицательный, поскольку по мере проникновения в глубь метеорита их число возрастало. При загрязнении земными бактериями всё обстояло бы как раз наоборот.

Наконец, с помощью лазерного масс-спектрографа в метеорите были обнаружены органические соединения.

И лишь после того как были систематизированы все эти факты, астрономы решились выступить в печати на страницах престижного американского журнала «Science» («Наука»). Девять рецензентов смотрели статью и одобрили её. Она вышла 16 августа 1996 г., через неделю после пресс-конференции, с которой мы начали этот рассказ.



Метеорит с Марса, найденный во льдах Антарктиды. В трещинах камня обнаружены микроскопические формы, похожие на окаменевшие следы бактерий (на заднем плане).

даже специальная наука — астроботаника, которая объясняла сезонные изменения в каналах и тёмных областях наличием растительности. Волна потемнения, распространяющаяся весной от полярной шапки к экватору, вызывается якобы пробуждением к жизни растительности. Она быстро расцветает, напитанная талой водой, а потом снова засыпает в ожидании следующей весны. Людям так хотелось в это верить, что все другие гипотезы просто отбрасывались. «Если это не растения, тогда что?» — спрашивали они. И действительно, казалось, что другого объяснения странному поведению тёмных областей и каналов найти невозможно.

Но вот в 1965 г. «Маринер-4» передал на Землю первые фотографии Марса, сделанные с небольшого расстояния. Увы, эти изображения не помогли раскрыть тайну марсианских каналов. Каналов на них просто не было! И все последующие зонды, как советские, так и американские, не обнаружили никаких признаков растительности или искусственных сооружений. Спускаемые аппараты «Викинг-1» и «Викинг-2» передали изображения безжизненных марсианских пейзажей, подобные которым на Земле можно найти разве что в пустынях: камни и песок под красноватым небом. Но люди продолжали надеяться. Если не растения, то, может быть, хотя бы бактерии?!

На «Викингах» были запланированы специальные биологические эксперименты. Они основывались на естественном предположении, что



причём расстояние между ними не бывает меньше 18 а. е. Даже Уран подходит порой ближе к Плутону, чем Нептун: он может оказаться в 14 а. е. от самой далёкой планеты.

В 1936 г. английский астроном Реймонд Литлтон высказал гипотезу, согласно которой Плутон в прошлом был спутником Нептуна. Но убедительно обосновать её пока не удалось.

Плутон и Харон — далёкий, затерянный мир, живущий своей жизнью. Испаряется метановый лёд, поддерживая редкую атмосферу планеты. Газы увлекают в атмосферу мельчайшие льдинки, создавая дымку из аэрозолей. Падают на Плутон метеориты. Проносятся мимо кометы. На фоне знакомых нам созвездий тускло светит Харон...





♃ ЮПИТЕР

Диаметр 142 800 км
Масса $1{,}9 \cdot 10^{27}$ кг
318 M⊕
Плотность 1330 кг/м³
Период вращения
9 ч 55 мин 29 с
Среднее расстояние от Солнца 5,20 а. е.
Период обращения
11,86 года
Эксцентриситет орбиты
0,048
Наклон орбиты 1,3°



определять положение корабля в открытом море.

В другой раз Юпитер и его спутники помогли решить одну из древнейших загадок: распространяется свет мгновенно или скорость его конечна? Регулярно наблюдая затмения спутников Юпитера и сравнивая эти данные с результатами предварительных расчётов, датский астроном Оле Рёмер в 1675 г. обнаружил, что наблюдения и вычисления расходятся, если Юпитер и Земля находятся по разные стороны от Солнца. В этом случае затмения спутников запаздывают примерно на 1000 с. Рёмер пришёл к правильному выводу, что 1000 с — это как раз то время, которое необходимо свету, чтобы пересечь орбиту Земли по диаметру. Поскольку диаметр земной орбиты составляет 300 млн километров, скорость света оказывается близкой к 300 000 км/с.

ЗНАКОМЬТЕСЬ: ЮПИТЕР

Юпитер — это планета-гигант, которая содержит в себе более 2/3 массы всей нашей планетной системы. Масса Юпитера равна 318 земным. Его объём в 1300 раз больше, чем у Земли. Средняя плотность Юпитера 1330 кг/м³, что сравнимо с плотностью воды и в четыре раза меньше, чем плотность Земли. Видимая поверхность планеты в 120 раз превосходит площадь Земли, но застроить Юпитер землянам не удастся: он представляет собой гигантский шар из водорода, практически его химический состав совпадает с солнечным. А вот температура на Юпитере ужасающе низкая: −140 °С.

Юпитер быстро вращается. Из-за действия центробежных сил планета заметно расплющилась, и её поляр-



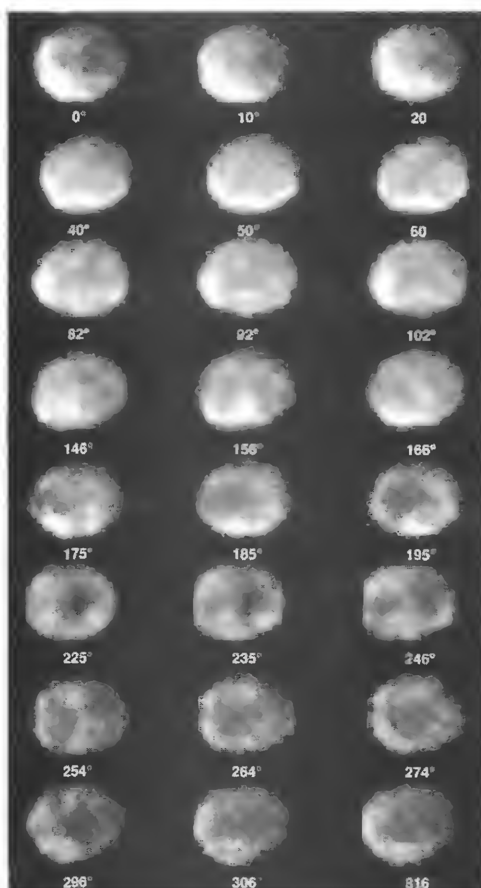
слабую звёздочку примерно 7-й звёздной величины, которая отсутствовала на звёздных картах. Через несколько дней учёный к удивлению своему заметил, что звёздочка движется, причём так, как должна перемещаться по небу планета, расположенная дальше Марса. К сожалению, сначала болезнь, потом неблагоприятные условия наблюдений прервали работу Пиацци. В результате слабый небесный объект затерялся среди звёзд.

Об открытии узнал молодой немецкий математик Карл Фридрих Гаусс. Он разработал новый метод, позволявший по немногим наблюдениям рассчитать точную эллиптическую орбиту небесного тела и затем вычислить его положение на будущее время. Это стало большим достижением в области небесной механики. Через год утерянную планету нашли в предсказанном месте и больше уже не теряли. Пиацци предложил назвать её Церерой — по имени древнеримской богини плодородия, покровительницы Сицилии.

Вдохновлённые успехом, европейские астрономы следили за движением Цереры и неожиданно в марте 1802 г. вблизи неё обнаружили ещё одну похожую маленькую планету. Ей дали имя Паллада в честь древнегреческой богини Афины Паллады. Удивительным оказалось то, что среднее расстояние от Солнца обеих планет практически совпадает и составляет 2,8 а. е. Именно на этом расстоянии должна была бы обращаться пятая планета в соответствии с правилом Тициуса — Боде.

В 1804 г. была открыта третья представительница этой семьи, получившая имя Юнона, а в 1807 г. — четвёртая, Веста. Все они были настолько малы, что даже при тысячекратных увеличениях выглядели слабыми звёздочками, не имеющими заметного диска. Поэтому Уильям Гершель предложил называть новые планеты астероидами, т. е. «звездоподобными».

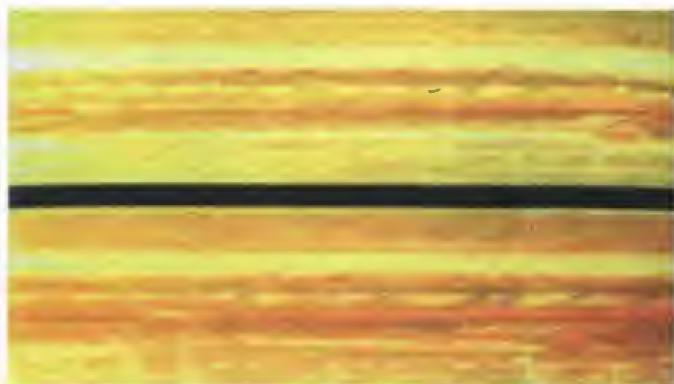
В последующие годы усовершенствование телескопов и изобретение фотографии вызвали всё увеличивающийся поток открытий астероидов. К 1880 г. их было известно около 200, в 1923 г. замечен тысячный, на 1980 г. в списки занесено почти 2500. По данным на 1991 г., постоянные номера в каталогах и названия получили 4646 астероидов, сейчас их известно значительно больше.



Вращение астероида Весты. Снимки Хаббловского космического телескопа.

Кстати, о названиях. Сначала малым планетам давали имена древнегреческих и древнеримских богов и героев. Когда этот «репертуар» исчерпался, в ход пошли женские имена практически всех народов мира. Наверное, не найдётся ни одной читательницы, которая не имела бы на небе своей планеты! Сейчас, правда, от этого правила стали отступать — имён не хватает. Планеты нарекают достаточно произвольно, больше полагаясь на номер, присвоенный в банке данных, за которым следит специальная комиссия Международного астрономического союза. Для примера приведём несколько названий





Развёртки системы полос Юпитера, выполненные с интервалом в полгода. Заметны изменения в положении полос, пятен и других деталей. Все они находятся в атмосфере планеты.

Тёмные полосы и светлые зоны, параллельные экватору, соответствуют атмосферным течениям разного направления (одни отстают от вращения планеты, другие его опережают). Скорости этих течений — до 100 м/с. На границе разнонаправленных течений образуются гигантские завихрения.

Особенно впечатляет Большое Красное Пятно — колоссальный атмосферный вихрь эллиптической формы размером около 15 × 30 тыс. километров. Когда он возник — неизвестно, но в наземные телескопы он наблюдается уже 300 лет. Этот антициклон иногда почти исчезает, а затем появляется вновь. Очевидно, он родственник земных антициклонов, но из-за своих размеров гораздо более долгоживущий. Время жизни Большого Красного Пятна оценивается в сотни и даже тысячи лет. Период круговорота вещества в этом вихре составляет неделю. В атмосфере Юпитера наблюдались подобные же вихри меньших размеров с небольшим (порядка двух лет) временем жизни.

«Вояджеры» зафиксировали очень сильные разряды молний, но никто пока не слышал юпитерианского грома. Возможно, когда-нибудь удастся запустить в атмосферу Юпитера долгоживущую научную станцию-дирижабль и поближе познакомиться с его штормами, грозами и циклонами.

ОКЕАН. Юпитерианский океан состоит из главного на планете элемента — водорода. При достаточно высоком давлении водород превращается в жидкость. Вся поверхность Юпитера под атмосферой — это огромный океан сжиженного молекулярного водорода.

Какие волны возникают в океане жидкого водорода при сверхплотном ветре со скоростью 100 м/с? Вряд ли поверхность водородного моря имеет чёткую границу: при больших давлениях на ней образуется газожидкая водородная смесь. Это выглядит как непрерывное «кипение» всей поверхности юпитерианского океана. Падение в него кометы в 1994 г. вызвало

▸▸ Падение на Юпитер части ядра кометы Шумейкеров — Леви 9. 1994 г.

Большое Красное Пятно. Изображение Земли дано для масштаба. ▾







перигелии почти касаются орбиты Земли. «Аполлонцы» пересекают земную орбиту с внешней стороны, их перигелийное расстояние меньше 1 а. е. «Атонцы» имеют орбиты с большой полуосью меньше земной и пересекают земную орбиту изнутри. Представители всех указанных семейств могут встретиться с Землёй. Что же касается близких прохождений, то они случаются нередко.

Например, астероид Амур в момент открытия находился в 16,5 млн километрах от Земли, 2101 Адонис приблизился на 1,5 млн километров, 2340 Хатхор — на 1,2 млн километров. Астрономы многих обсерваторий наблюдали прохождение мимо Земли астероида 4179 Таутатис. 8 декабря 1992 г. он был от нас на расстоянии 3,6 млн километров.

АСТЕРОИДЫ НА ОРБИТЕ ЮПИТЕРА

Основное количество астероидов сосредоточено в главном поясе, но имеются важные исключения. Задолго до открытия первого астероида французский математик Жозеф Луи Лагранж изучал так называемую задачу трёх тел, т. е. исследовал, как движутся три тела под действием сил тяготения. Задача очень сложна и в общем виде не решена до сих пор. Однако Лагранжу удалось найти, что в системе трёх гравитирующих тел (Солнце — планета — малое тело) существуют пять точек, где движение малого тела оказывается устойчивым. Две из этих точек находятся на орбите планеты, образуя с ней и Солнцем равносторонние треугольники.

Спустя много лет, уже в XX в., теоретические построения воплотились в реальность. Вблизи лагранжевых точек на орбите Юпитера было открыто около двух десятков астероидов, которым дали имена героев Троянской войны. Астероиды-«греки» (Ахилл, Аякс, Одиссей и др.) опережают Юпитер на 60°, «троянцы» (Приам, Эней, Троил и др.) следуют на таком же расстоянии сзади. Согласно оценкам, число астероидов около точек Лагранжа может достигать нескольких сот.

АСТЕРОИДЫ ЗА ОРБИТОЙ ЮПИТЕРА

Долгое время не было известно астероидов, орбиты которых целиком лежали бы за пределами орбиты Юпитера. Но в 1977 г. удалось обнаружить такую малую планету — это 2060 Хирон. Наблюдения показали, что его перигелий (ближайшая к Солнцу точка орбиты) лежит внутри орбиты Сатурна, а афелий (точка наибольшего удаления) — почти у самой орбиты Урана, на далёких, холодных и тёмных окраинах планетной системы. Расстояние Хирона в перигелии 8,51 а. е., а в афелии — 18,9 а. е.

Были обнаружены и более дальние астероиды. Предполагается, что они образуют второй, внешний пояс астероидов (пояс Койпера).

РАЗМЕРЫ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МАЛЫХ ПЛАНЕТ

Чтобы узнать размер какого-либо астрономического объекта (если расстояние до него известно), необходимо измерить угол, под которым он виден с Земли. Однако не случайно астероиды называются малыми планетами. Даже в крупные телескопы при отличных атмосферных условиях, применяя очень сложные, трудоёмкие методики, удаётся получить довольно нечёткие очертания дисков лишь нескольких самых крупных астероидов. Гораздо эффективнее оказался фотометрический метод.

Существуют весьма точные приборы, измеряющие блеск, т. е. звёздную величину небесного светила. Кроме того, хорошо известна освещённость, создаваемая Солнцем на астероиде. При прочих равных условиях блеск астероида определяется площадью его диска. Необходимо, правда, знать, какую долю света отражает данная поверхность. Эта отражательная способность называется альбедо. Разработаны методы его определения по поляризации света астероидов, а также по различию яркости в видимой области спектра и в инфракрасном диапазоне. В результате измерений и расчётов получены следующие размеры самых крупных астероидов.

Название астероида	Диаметр, км
1 Церера	1003
2 Паллада	608
4 Веста	538
10 Гигия	450
31 Ефросина	370
704 Интерамния	350
511 Давида	323
65 Кибела	309
52 Европа	289
451 Пациенция	276
15 Эвномия	272
16 Психея	250
48 Дорис	250
92 Ундина	250





Кольцо Юпитера. При наблюдениях с Земли кольцо незаметно, так как оно очень тонкое и всегда повёрнуто к нам ребром.

практически невозможно: оно очень тонкое и постоянно повёрнуто к наблюдателю ребром из-за малого наклона оси вращения Юпитера к плоскости его орбиты.

СПУТНИКИ

У Юпитера обнаружено 16 лун. Две из них — Ио и Европа — размером с нашу Луну, а другие две — Ганимед и Каллисто — превзошли её по диаметру примерно в полтора раза. Каллисто равна по размерам Меркурию, а Ганимед его обогнал. Правда, они находятся дальше от своей планеты, чем Луна от Земли. Только Ио видна в небе Юпитера как яркий красноватый диск (или полумесяц) лунных размеров; Европа, Ганимед и Каллисто выглядят в несколько раз меньше Луны.

Владения Юпитера довольно обширны: восемь внешних спутников настолько удалены от него, что их нельзя было бы наблюдать с самой планеты невооружённым глазом. Происхождение спутников загадочно: половина из них движется вокруг Юпитера в обратную сторону (по сравнению с обращением других 12 спутников и направлением суточного вращения самой планеты). Самый внешний спутник Юпитера в 200 раз дальше от него, чем самый близкий. Например, если высадиться на один из ближайших спутников, то оранжевый диск планеты займёт полнеба. А с орбиты самого дальнего спутника диск гиганта Юпитера будет выглядеть почти в два раза меньше лунного.

Спутники Юпитера — это интереснейшие миры, каждый со своим «лицом» и историей, которые открылись нам только в космическую эру.

ИО. Это самый близкий к Юпитеру галилеев спутник, он удалён от центра планеты на 422 тыс. километров, т. е. чуть дальше, чем Луна от Земли. Благодаря огромной массе Юпитера период обращения Ио гораздо короче лунного месяца и составляет всего 42,5 ч. Для наблюдателя в телескоп это самый непоседливый спутник: практически каждый день Ио видна на новом месте, перебегая с одной стороны Юпитера на другую.

По массе и радиусу (1815 км) Ио похожа на Луну. Самая сенсационная особенность Ио заключается в том, что она вулканически активна! На её жёлто-оранжевой поверхности «Вояджеры» обнаружили 12 действующих вулканов, извергающих султаны высотой до 300 км. Основной выбрасываемый газ — диоксид серы, замерзающий потом на поверхности в виде твёрдого белого вещества. Доминирующим оранжевым цветом спутник обязан соединениям серы. Вулканически активные области Ио нагреты до 300 °С.

Это, должно быть, величественное зрелище — фонтан газа высотой 300 км. Мощный подземный гул сотрясает почву, из жерла вулкана с огромной скоростью (до 1 км/с) вылетают вместе с газом камни и после свободного безатмосферного падения с огромной высоты врезаются в поверхность во многих сотнях километров от вулкана. Из некоторых вулканических кальдер (так называются котлообразные впадины, образовавшиеся вследствие провала вершины вулкана) выплёскивается расплавленная чёрная сера и растекается горячими реками. На фотографиях «Вояджеров» видны чёрные озёра и даже целые моря расплавленной серы.

Крупнейшее лавовое море возле вулкана Локи имеет размер 200 км в поперечнике. В центре его располо-







◄◄ Ида и Дактиль.

▲ Астероид Ида.

с близкого расстояния — с космических аппаратов. Такой опыт уже имеется. 29 октября 1991 г. американский космический аппарат «Галилео» передал на Землю изображение астероида 951 Гаспра. Снимок сделан с расстояния 16 тыс. километров. На нём хорошо просматриваются угловато-сглаженная форма астероида и его кратерированная поверхность. Уверенно можно определить размеры: 12 × 16 км. 28 августа 1993 г. «Галилео» прошёл мимо астероида 243 Ида и получил столь же информативный снимок. На фотографии виден ещё один крошечный астероид, который получил имя Дактиль, — по-видимому, спутник Иды.

КОМЕТЫ

Комета — небесное тело, сравнительно с прочими, огромной величины, но редкое... сквозящее; иногда в ней заметно ядро, а окружная среда образует как бы хвост, бороду или космы; звезда с хвостом, косматая.

В. И. Даль. Толковый словарь живого великорусского языка. 1863 г.

«При въезде на Арбатскую площадь огромное пространство звёздного тёмного неба открылось глазам Пьера. Почти в середине этого неба над Пречистенским бульваром, окружённая, обсыпанная со всех сторон звёздами, но отличаясь от всех близостью к земле, белым светом и длинным, поднятым кверху хвостом, стояла огромная яркая комета 1812-го года, та самая комета, которая предвещала, как говорили, всякие ужасы и конец света...» — так, описанием знаменитой кометы 1811 г., заканчивается второй том «Войны и мира». Мы не ошиблись, именно 1811 г. Астрономы, указывая год кометы, имеют в виду не время её видимости, а год наибольшего сближения с Солнцем. А эта комета миновала перигелий ещё 12 сентября 1811 г. Но лучше всего она была видна к началу 1812 г., поэтому Лев Толстой был вправе так её назвать, тем более что в России комету задним числом стали считать пророчицей Отечественной войны 1812 года.

До наших дней дошло старинное увлечение — «ловля» комет. Как и рыбной ловлей, ей занимаются и стар и млад, люди разного звания и профессий. Ведь астрономов на Земле всегда было мало, а комет — как рыб в океане. Первым за ловлю комет всерьёз взялся в 1756 г. парижский чертёжник Шарль Мессье, за ним — сторож Марсельской обсерватории (а позднее её директор) Жан Понс. С тех времён и по сей день кометы ищут и находят



длиной в тысячи километров — это следы глобальной системы трещин. Ледяная кора довольно подвижна и неоднократно раскалывалась от внутренних напряжений и крупномасштабных тектонических процессов.

Из-за того что поверхность молодая («всего» 100 млн лет), на ней почти не заметно ударных метеоритных кратеров, которые в большом количестве возникали 4,5 млрд. лет назад. Учёные нашли на Европе только пять кратеров диаметрами 10—30 км.

ГАНИМЕД. Ганимед — крупнейший спутник планеты в Солнечной системе, его радиус 2631 км. Он вращается на расстоянии 1,07 млн километров от Юпитера. 40% поверхности Ганимеда представляют собой древнюю мощную ледяную кору, покрытую многочисленными метеоритными кратерами. Эта кора была частично разломана и обновлена активными геологическими процессами примерно 3,5 млрд лет назад. Те же процессы породили странные области, по-

ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ СПУТНИКИ ЮПИТЕРА

У Юпитера внутри орбиты Ио открыты несколько маленьких спутников. Три из них — Метида, Адрастея и Теба — обнаружены с помощью межпланетных станций, и о них известно немного. Метида и Адрастея (их диаметры около 40 и 20 км соответственно) движутся по краю главного кольца Юпитера, по одной орбите радиусом 128 тыс. километров. Эти самые быстрые спутники делают оборот вокруг гиганта Юпитера за 7 ч со скоростью свыше 100 000 км/ч.

Более удалённый спутник Теба расположен посередине между Ио и Юпитером — на расстоянии 222 тыс. километров от планеты; его диаметр около 100 км.

Наиболее крупный внутренний спутник — Амальтея — имеет неправильную форму (размеры 270 × 165 × 150 км) и покрыт кратерами; он состоит из тугоплавких пород тёмно-красного цвета. Амальтея обнаружена американским астрономом Эдуардом Барнардом в 1892 г. и стала пятым по счёту открытым спутником Юпитера. Вращается она по орбите радиусом 181 тыс. километров.

Внутренние спутники Юпитера и его четыре главные луны расположены вблизи плоскости экватора планеты на почти круговых орбитах. У орбит этих восьми спутников эксцентриситеты и наклонения настолько малы, что ни один из них не отклоняется от «идеальной» круговой траектории более чем на 1%. Напомним, что такие спутники называются регулярными.

Остальные восемь спутников Юпитера относятся к нерегулярным и отличаются значительными эксцентриситетами и наклонениями орбит. В своём движении они могут менять удалённость от планеты в 1,5—2 раза, отклоняясь при этом от её экваториальной плоскости на многие миллионы километров. Эти восемь внешних спутников Юпитера сгруппированы в две «команды», которые были названы по наиболее крупным телам: группа Гималии, куда также входят Леда, Лиситея и Элара; и группа Пасифе с Ананке, Карме и Синопе. Эти спутники открывались с помощью наземных телескопов в течение 70 лет (1904—1974 гг.).

Если уменьшить Юпитер до размеров вишни, то внешняя из галилеевых лун, Каллисто, будет двигаться в 13 см от него; вдали, на радиусах 80—85 см, расположится группа Гималии, а на расстоянии 150—170 см — группа Пасифе. В реальности средние радиусы орбит группы Гималии соответствуют 11,1—11,7 млн километров, а группы Пасифе — 21,2—23,7 млн километров. Спутники группы Гималии совершают оборот вокруг Юпитера за 240—260 суток, а группы Пасифе — за 630—760 суток, т. е. более чем за два года! Собственные радиусы спутников очень малы: в группе Гималии — от 8 км у Леды до 90 км у Гималии; в группе Пасифе — от 15 до 35 км. Они черны и неровны. Внешние спутники, входящие в группу Пасифе, вращаются вокруг Юпитера в обратную сторону.

Учёные ещё не пришли к единому мнению о происхождении нерегулярных спутников. (Считается, что регулярные внутренние спутники сформировались из околопланетного газопылевого диска в результате слипания многих мелких частиц.) Ясно только, что важную роль в формировании внешних спутников играл захват Юпитером астероидов. Компьютерные расчёты показывают, что, возможно, группа Пасифе возникла в результате систематического захвата планетой мелких частиц и астероидов на обратные орбиты во внешней области околоюпитерианского диска.



Спутник Юпитера Амальтея. Это небольшое тело не приобрело даже сферической формы.



«ЗАЧЕМ ПРИШЛА КОМЕТА?»

В день смерти нищих
не горят кометы,
Лишь смерть царей огнём
вещает небо.

У. Шекспир. Юлий Цезарь

Первое, что приходит на ум в связи с кометами — это древнее и очень стойкое поверье об их вредоносности. Когда мы сталкиваемся с незнакомым, непонятным, то спрашиваем, что это такое, почему оно такое, — и в конце концов получаем ответ: это летит космическая ледяная гора, Солнце превращает её в пар. Для древнего же человека главными вопросами были: «Зачем комета пришла? Чего от неё ждать?». При этом каждому понятно, зачем нужно Солнце, зачем Луна, а некоторым даже ясно, зачем нужны звёзды.

А комета зачем? Большущая, чужая (первый раз видим!), ходит бестолково, редко и без расписания, «нечёсаная», или как стрела небесная, или метла (чья?), или с хвостом. Если подумать хорошенько, всё это не к добру.

Эпоха императорского Рима полна кометными и всякими иными суевериями. «Юлий Цезарь погиб на 56-м году жизни и был сопричтён к богам не только словами указов, но и убеждением толпы, — писал историк Светоний. — Во время игр, которые в честь обожествления Юлия дал император Август (в 43 г. до н. э. — *Прим. ред.*), хвостатая звезда сияла в небе семь ночей подряд, являясь около одиннадцатого часа. И все поверили, что это душа Цезаря, вознесённого на небо». Так укрепилось поверье, что кометы приходят за душами правящих особ, и властители Рима комет боялись.

Император Веспасиан был исключением. Когда его спросили, почему он не выказывает никакого страха перед кометой, Веспасиан ответил: «Это парфянскому царю надо её бояться — он волосатый, а я лысый». («Комета» на языке римлян, как и по-гречески, означает «волосатая».) Это был смех мужественного человека.

Всем была памятна страшная комета 60 г. н. э., комета Нерона. Император отдал ей головы всех знатнейших мужей Рима — в обмен на свою. А вот воспитатель Нерона, философ Луций Анней Сенека Младший, смотрел на кометы совсем другими глазами. Наблюдая эту злополучную комету, он записал, что сияла она ярче лучей восходящего Солнца и что хвост её был обращён прочь от него. Если планеты движутся, постоянно находясь в круге зодиакальных созвездий, отмечал Сенека, то кометы — это небесные тела, «имеющие свою область, куда они уходят, но не потухают». Его суждения опередили время на полтора тысячелетия.



В Средние века кометы считались предвестницами войн и эпидемий.



Вид комет никогда не предвещал ничего хорошего.

ма» (газы Земли) поднимается к границам атмосферы, попадает в сферу небесного огня и воспламеняется — так образуются «хвостатые звёзды». Это явление «подлунное», атмосферное, не астрономическое. Авторитет Аристотеля был столь незыблем, что в науке вплоть до XVI столетия сохранялся этот «приземлённый» взгляд на природу комет. Поэтому астрономы кометами не занимались.

Датский астроном Тихо Браге вернул кометы в семью небесных тел. Он сравнил удалённость кометы 1577 г. с расстоянием до Луны способом базисных измерений. Этот строгий геометрический метод можно объяснить в буквальном смысле на пальцах. Выставим два указательных пальца между правым глазом и каким-нибудь далёким предметом так, чтобы предмет и дальний палец загораживались ближним. А теперь посмотрим левым глазом: оба пальца сместились вправо — ближний больше, дальний меньше. Так же поступил Браге. «Глазами» стали две удалённые обсерватории — в Дании и в Чехии, дальним фоном — звёзды, а «пальцами» — Луна и комета. При этом



♄ САТУРН

Диаметр	120 000 км
Масса	$5{,}7 \cdot 10^{26}$ кг 95 $M_⊕$
Плотность	690 кг/м^3
Период вращения	10 ч 40 мин 30 с
Среднее расстояние от Солнца	9,54 а. е.
Период обращения	29,46 года
Эксцентриситет орбиты	0,056
Наклон орбиты	2,5°



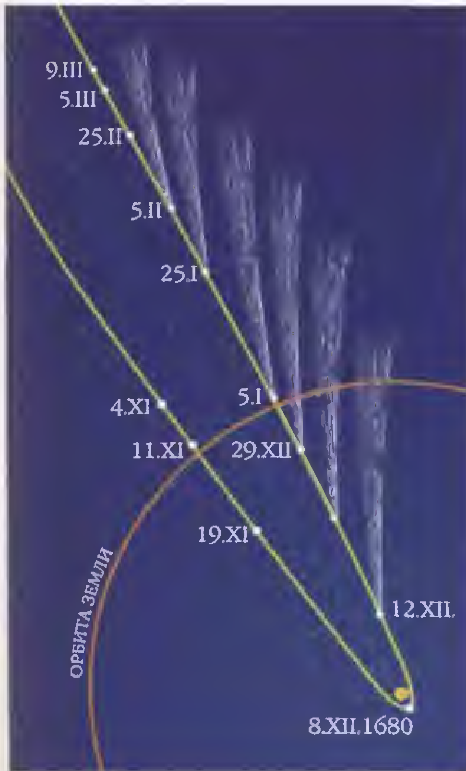
В телескоп средней силы хорошо заметно, что шар Сатурна сильно сплюснут — ещё сильнее, чем Юпитер. На поверхности планеты выделяются параллельные экватору полосы, правда менее чёткие, чем у Юпитера. В этих полосах можно рассмотреть многочисленные, хотя и неяркие детали, именно по ним Уильям Гершель определил период вращения Сатурна. Он оказался очень коротким — всего 10 ч 16 мин. Изредка на диске планеты появляются и более заметные детали. Так, в феврале 1876 г. на экваторе Сатурна возникло большое белое пятно, обращавшееся с периодом 10 ч 14 мин. Незначительная разница не должна удивлять: как и у Солнца и Юпитера, скорость вращения атмосферы Сатурна в экваториальных зонах больше, чем близ полюсов.

Светло-жёлтый Сатурн внешне выглядит скромнее своего соседа — оранжевого Юпитера. У него нет столь красочного облачного покрова, хотя структура атмосферы почти такая же. Как и Юпитер, Сатурн в основном состоит из водорода и гелия. Только содержание гелия в его атмосфере ниже: он более равномерно распределён по всей массе планеты. Вследствие меньшей силы тяготения атмосфера Сатурна глубже юпитерианской. Видимо, у Сатурна мощнее верхний слой светлых перистых аммиачных облаков, что делает его не таким «цветным» и полосатым.

Вдоль экватора планеты проходит гигантское атмосферное течение шириной в десятки тысяч километров, скорость его достигает 500 м/с. Хотя пятна атмосферных вихрей на Сатурне уступают по размерам юпитерианскому Большому Красному Пятну, но и там наблюдаются грандиозные штормы, видимые даже с Земли.

Ниже атмосферы простирается океан жидкого молекулярного водорода. На глубине около половины радиуса планеты давление в нём достигает 3 млн атмосфер, и водород уже





◄ Орбита кометы по рисунку Исаака Ньютона.

— По эллипсам, близким к параболам, — ответил Ньютон и положил на стол чертёж.

— Каковы же периоды их обращения?

— А это ещё предстоит узнать, — сказал Исаак Ньютон.

По совету Ньютона из сотен кометных наблюдений разных лет Галлей выбрал две дюжины таких, для которых можно было построить хоть приблизительную орбиту с допущением (для простоты), что все кометы движутся по параболам. Вычислить 24 орбиты вручную, без компьютера, на основе подчас неаккуратных наблюдений — это многолетний труд. И вот (к счастью!) три кометные будто бы параболы — 1531, 1607 и 1682 гг. — почти ложатся в пространстве Солнечной системы одна в другую. То есть это не три, а одно небесное тело, возвращающееся каждые 75—76 лет! Так была открыта первая периодическая комета — комета Галлея. Галлей предсказал её новое появление в 1758 г., а поймали её немецкий астроном-любитель Георг Палич и Шарль Мессье. Это был триумф закона тяготения и начало строгого «паспортного режима» для комет.

С древнейших времён до наших дней замечено и описано уже около 2000 комет. За 300 лет после Ньютона вычислены орбиты более 700 из них. Общие результаты таковы. Большинство комет движется по эллипсам, умеренно или сильно вытянутым. Самым коротким маршрутом ходит комета Энке — от орбиты Меркурия до Юпитера и обратно за 3,3 года. Самая далёкая из тех, что наблюдались дважды, — комета, открытая в 1788 г. Каролиной Гершель и вернувшаяся через 154 года с расстояния 57 а. е. В 1914 г. на побитие рекорда дальности пошла комета Делавана. Она удалится на 170 000 а. е. и «финиширует» через 24 млн лет.

Хотя законы, управляющие движением планет и комет, одни и те же, их

◄◄ Фрагмент фрески Джотто ди Бондоне, изображающей поклонение волхвов (Капелла дель Арена в Падуе, Италия). Вифлеемскую звезду художник изобразил в виде кометы. Это комета Галлея, которую Джотто видел в 1301 г.

Фрагмент гобелена из Байё (Франция). На нём изображена комета Галлея, появлявшаяся в 1066 г., в год битвы при Гастингсе. Тогда нормандский герцог Вильгельм разгромил войско англосаксонского короля Гарольда II и занял английский трон.
▼







▸▸
Кольца не видны там, где на них падает тень от планеты.

Кольца Сатурна, снятые с теневой стороны. Солнцем освещены только их края.
▾





Предположение, что планета окружена кольцом, высказал в 1655 г. голландец Христиан Гюйгенс. Поначалу его гипотеза вызвала ожесточённую критику со стороны ортодоксов.

Кольца Сатурна постоянно будоражили воображение учёных своей уникальной формой. Их исследовали такие блестящие астрономы, механики и математики, как Дж. Д. Кассини, П. С. Лаплас, Дж. К. Максвелл, Ж. А. Пуанкаре. Интересно, что факт разделения колец Сатурна на отдельные узкие кольца предсказал ещё в 1755 г. немецкий философ Иммануил Кант, основываясь на своих остроумных теоретических рассуждениях.

Плоскость экватора Сатурна, его колец и спутниковой системы наклонена к плоскости земной орбиты более чем на 26°. Это создаёт благоприятные возможности для наблюдения колец Сатурна. Чтобы понять, как меняются условия видимости колец для землян, можно проделать следующий простой опыт: поставить на стол чайное блюдце, приподняв один его край (например, подложить под него кусочек сахара). Если опустить глаза на уровень стола и обойти вокруг него, то в течение одного обхода блюдце будет видно как с лицевой (вогнутой) стороны, так и со стороны выпуклого дна и дважды — с ребра. В реальности примерно так всё и происходит. Сатурн почти в десять раз дальше от Солнца, чем Земля, поэтому мы всегда смотрим на него как бы со стороны Солнца. В течение одного орбитального оборота (около 30 лет) он обращает к нам то северный, то южный свой полюс. Соответственно и кольца видны то «сверху», то «снизу», а иной раз исчезают совсем (когда они обращены к наблюдателю ребром). Последний раз кольца «встали на ребро» летом 1995 г., и в последующие годы они будут видны «сверху» — из северной полусферы.

С Земли хорошо различимы три кольца — *A*, *B* и *C* — разной яркости. Внешний радиус колец Сатурна равен 137 тыс. километров. Довольно широкое деление Кассини разделяет кольца *A* и *B* чёрной полосой. Менее заметно деление Энке вблизи внешнего края колец. Названы эти деления в честь их открывателей.

В XX в. вблизи Сатурна побывали три американских космических аппарата: «Пионер-11» (октябрь 1979 г.), «Вояджер-1» (ноябрь 1980 г.) и «Вояджер-2» (август 1981 г.). Эти межпланет-

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОЛЕЦ

Долгое время считалось, что к Сатурну приблизился неосторожный спутник и был разорван его приливными силами «в клочки». Но данные «Вояджеров» опровергли это распространённое мнение. Сейчас установлено, что кольца Сатурна (и других планет тоже) представляют собой остатки огромного околопланетного облака протяжённостью во многие миллионы километров.

Из внешних областей этого облака сформировались спутники, а во внутренней образование спутников было «запрещено». Так как скорости взаимных соударений растут при приближении к планете, возле каждой планеты имеется область, где частицы, достигнув определённых размеров, начинают разваливаться от взаимных столкновений. Миллиарды лет соударений — и 10-метровые частицы дошли до такого рыхлого состояния, что рассыпаются от малейшего толчка на скорости миллиметр в секунду! Любая крупная частица за несколько дней или недель проходит полный цикл от разрушения до восстановления.

Эта взаимная конкуренция, не дающая образоваться крупным спутникам, ослабевает по мере удаления от планеты, и на некотором расстоянии часть вещества превращается в спутники, а часть всё ещё пребывает в раздробленном состоянии — в виде кольца. Кстати, кольца за время своего существования сделали уже триллион оборотов — гораздо больше, чем спутники или планеты по своим орбитам. Суммарная масса ледяных колец Сатурна сравнима с массой его спутника Мимаса, радиус которого 200 км.

Почему кольца плоские? Их сплющивание — это результат противоборства двух основных сил: гравитационной и центробежной. Гравитационное притяжение стремится сжать систему со всех сторон, а вращение препятствует сжатию поперёк оси вращения, но не может помешать её сплющиванию вдоль оси. Таково происхождение различных космических дисков, включая планетные кольца.



КОМЕТА КРУПНЫМ ПЛАНОМ

Кометы — самые протяжённые тела Солнечной системы. У кометы 1811 г. одна голова по объёму в шесть—восемь раз превосходила Солнце. У кометы 1882 г. хвост был больше, чем расстояние от Солнца до Юпитера. Но при всех своих невообразимых размерах хвосты, состоящие из плазмы, газа и дыма, настолько разрежены, что на Земле такая среда считается вакуумом. Кометы — это видимое ничто. Но в сердцевине этого «ничто» есть нечто — твёрдое ядро кометы, с которого всё начинается.

Перенесёмся мысленно к ядру кометы, спешащей к Солнцу, и пройдём с ней часть пути. Пусть это будет ядро кометы Галлея — знаменитый «башмак» размером 16 × 8 км, каким его увидели на снимках «Веги» и «Джотто» в 1986 г.

Ядро состоит из льдов, внутри уплотнённых, а снаружи пористых, губчатых, пушистых. Пока до Солнца далеко, комета, промороженная до –260 °С, спит глубоким сном: ни головы, ни хвоста.

Основу льдов (более 80%) составляет вода, остальное — твёрдая углекислота, именуемая «сухим льдом», метановый, аммиачный лёд и другие замороженные газы. Вещество ядра достойно внимательнейшего изучения. В этом холодильнике могли сохраниться реликтовые органические вещества — первые кирпичики, из которых сложилась жизнь на Земле. Кометный лёд — грязноватый, перемешан с пылью и каменистым веществом. Когда пригреет, лёд начнёт испаряться, и, как на городских сугробах, на поверхности ядра останется корка загрязнения.

Корковая пыль в тысячи раз мельче той, что летом садится на подоконник. Пылинки не рассмотреть даже в лупу. Их триллион в кубическом миллиметре. Попадаются и частицы покрупнее — песчинки, камешки. Из такого вот космического праха, из кометной пыли, камней и льдов, возможно, слепились и выплавились Земля и планеты почти 5 млрд лет назад.

На расстоянии 4,5 а. е. от Солнца, когда обогрев кометы достигает 1/20 нагрева Земли и температура верхнего слоя льда поднимается до –140 °С, открытые льды начинают испаряться. Не таять, а именно испаряться. Так улетучивается на холоде лёд из замёрзшего белья, так же в морозный день без таяния истончаются сугробы. Переход вещества из твёрдого состояния в газообразное, минуя стадию жидкости, называется возгонкой. День за днём процесс идёт всё заметнее. Сначала испаряются метан, аммиак, водород, циан, образуя прозрачную атмосферу — голову кометы. По мере приближения к орбите Марса возгоняется углекислота. Последней начинает испаряться вода, требующая большего тепла.

Атмосферные газы кометы не остаются неизменными. Кванты солнечного света, налетая на молекулы газа,



Ядро кометы Галлея. Снимок космического аппарата «Джотто». 1986 г. Размеры ядра 16 × 8 км; тёмный цвет обусловлен тугоплавкими включениями, осевшими после испарения льдов.



Комета Хиякутаки была видна весной 1996 г. Из-за близости к Земле комета передвигалась по созвездиям быстрее Луны.





«Споки», или «спицы» (поперечные тёмные полосы на кольцах), образуются в результате движения вещества под действием магнитного поля планеты.

Сами кольца чрезвычайно тонки: около 10—20 м толщиной. По отношению ширины к толщине листок папиросной бумаги гораздо толще планетных колец. Если уменьшить кольца Сатурна до метрового размера, то их толщина составит тысячную долю миллиметра. В кольце *B* частицы расположены так густо, что, залетев в середину, мы потеряем из виду звёзды. Впрочем, тьмы здесь нет — кругом светятся отражённым, преломлённым и рассеянным солнечным светом тысячи снежных тел. Есть более прозрачные участки, например кольцо *C* или деление Кассини; суммарная площадь частиц в них не превышает нескольких процентов от площади поверхности кольца.

Если приподняться над плоскостью колец, то можно увидеть бесконечное снежное поле. Внутри него возвышается гигантское полушарие Сатурна, освещённое Солнцем. Основная часть системы сатурнианских колец имеет ширину 60 тыс. километров (на этом поле уместятся сотни таких планет, как Земля). Но вот равномерная гладкость колец нарушается и они изгибаются волнами высотой в несколько сот метров. Это результат гравитационного влияния спутника. Когда Солнце стоит низко над плоскостью колец, лучи его падают на верхушки этих колоссальных «гор», а «долины» остаются в тени. Подобную картину запечатлели «Вояджеры» во время своего пролёта возле Сатурна. Именно так скользили солнечные лучи по поверхности колец в 1995 г., когда кольца Сатурна земляне видели с ребра.

В соответствии с законами Кеплера частицы на разных радиусах кольца движутся с различными скоростями: чем ближе к планете, тем быстрее. В наиболее плотном кольце есть область, где частицы обращаются с периодом 10,5 ч, т. е. с той же угловой скоростью, с какой вращается Сатурн. Это значит, что относительно поверхности планеты они остаются неподвижными. Подобным образом «висят» над Землёй геостационарные спутники, ретранслирующие теле- и радиосигналы наземных станций, — их период обращения равен 24 ч.

Благодаря этой особенности вращения внутри кольца *B* наблюдаются «спицы» — вытянутые по радиусу облака мелкой пыли, которые действительно напоминают спицы колеса. Появление их связано с тем, что мелкие снежные пылинки колец получают небольшой электрический заряд под воздействием солнечного ветра. Естественно, они реагируют на магнитное поле Сатурна. В кольце *B* эти пылинки обладают относительно линий магнитного поля планеты самой малой скоростью, поэтому они могут образовывать «спицы» внушительных размеров — десятки тысяч километров в длину; иначе из-за кеплеровского движения они должны были бы распадаться.

СПУТНИКИ

К 1995 г. у Сатурна было известно 22 спутника, которые названы в честь героев античных мифов о титанах и гигантах. Почти все эти космические тела светлые и состоят преимущественно из водяного льда. Их плотность 1200—1400 кг/м^3 (за исключением



гиваясь, как бегуны по кругу: самые быстрые догоняют отстающих. Так, ещё при живой комете на её орбите образуется тор из метеорного вещества. Дважды в году, 4 мая и 22 октября, Земля сближается с орбитой кометы Галлея и несколько суток движется внутри этого тора. Кометные соринки врезаются в атмосферу и сгорают, вызывая явление метеорного потока.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ КОМЕТЫ

Комета Галлея. Историческая комета. Наблюдалось 30 её сближений с Солнцем начиная с 240 г. до н. э. Возвращается через каждые 75—76 лет. В 1986 г. комету встретили пять космических межпланетных аппаратов: «Вега-1», «Вега-2» (СССР), «Джотто» (ЕЭС), «Суисен» и «Сакигаке» (Япония). Все аппараты выполнили свои программы. «Веги» прошли сквозь голову кометы в 8000 км от ядра, «Джотто» — в 600 км. Зарегистрировано твёрдое ядро неправильной формы (16 × 8 км). Японские аппараты пролетели вблизи кометы. В следующий раз комета Галлея появится в 2061 г.

Комета 1680 г. Для этой кометы Ньютон впервые в истории астрономии вычислил орбиту. Она оказалась первой «скребущей» кометой — прошла всего в 230 тыс. километров от поверхности Солнца. При удалении имела хвост протяжённостью 70°. В XIX в. немецкий астроном Иоганн Энке определил её период в 8810 лет.

Комета Шезо 1744 г. Ярчайшая комета века — её голова была видна днём. Комета имела шесть хвостов. Возможно, это следствие периодических выбросов из ядра.

Комета Энке. Наблюдается с 1786 г. И. Энке вычислил орбиту этой кометы с самым малым периодом обращения — 3,3 года. Тунгусский метеорит (1908 г.), возможно, был обломком её ядра. Очередные сближения с Солнцем произойдут в 2000 и 2004 гг. Не исключено, что это последние сближения, которые можно будет наблюдать, так как оставшаяся масса ядра очень мала.

Комета 1811 г. До наших дней остаётся самой большеголовой: её объём в шесть—восемь раз больше Солнца. Она описана Л. Н. Толстым в «Войне и мире» и К. Фламмарионом в повести «История кометы».

Комета Донати 1858 г. Красивейшая комета последних веков. У неё хорошо были выражены и плазменный, и пылевой хвосты. Комета вернётся в XXXIX в.

Большая сентябрьская комета 1882 г. Ярчайшая комета века, её одновременно заметили многие. В максимуме она светила как 60 полных лун, а днём была видна при солнечном свете. Это одна из «скребущих» комет. Она пролетела в полурадиусе Солнца от его поверхности на скорости 480 км/с. В телескоп с фильтром комету было видно вплоть до самого исчезновения на солнечном диске. Ядро прошло перед диском Солнца, но из-за малых размеров не было видно; после сближения с Солнцем распалось на две части. Обломки кометы вернутся около 2650 г.

Комета Уэста 1976 г. Одна из красивейших комет века. Имела протяжённый широкий хвост, напоминающий облачко в лучах утреннего Солнца. Голова светила как Венера. Комета распалась на части.

Комета Шумейкеров — Леви 9. В июле 1992 г. комета прошла в 15 тыс. километров от облачного покрова Юпитера. В результате ядро оказалось раскрошенным на 17 кусков, растянувшихся на 200 тыс. километров. В таком виде комета и была открыта на обсерватории Маунт-Паломар Кэролайн и Юджином Шумейкерами (лучшими профессиональными ловцами комет) и Дэвидом Леви. Комета обращалась не вокруг Солнца, а вокруг Юпитера с периодом в два года. При очередном сближении с Юпитером в июле 1994 г. все обломки врезались в атмосферу планеты со скоростью 64 км/с и вызвали мощные возмущения облачного покрова. Падение было предсказано астрономами и наблюдалось с Земли и из космоса.



Комета Шумейкеров — Леви 9. Перед столкновением с Юпитером её ядро распалось на много частей.



Комета Донати над Парижем. 9 октября 1858 г. комета была видна вблизи Арктура.





Спутник Сатурна Титан обладает мощной атмосферой.



Фрагмент поверхности спутника Сатурна Реи.

льда и другие, более летучие льды — аммиачный и метановый.

Уникальность Титана в том, что он обладает мощной атмосферой с густой аэрозольной дымкой и облаками. Это единственный спутник в Солнечной системе, поверхность которого недоступна для наблюдений обычными оптическими средствами. Цвет Титана — красно-коричневый, с сезонными изменениями. Состав атмосферы — азот с примесью метана и, возможно, аргона; давление на поверхности 1,6 атмосферы.

Теоретические модели позволяют говорить о существовании поверхностного этано-метанового океана глубиной до нескольких километров с температурой −180 °С. Поэтому, как шутливо заметил один американский учёный, «шансы поймать рыбу в океанах Титана ничтожны».

Наличие мощной, 200-километровой атмосферы и поверхностного океана жидких углеводородов на Титане кажется фантастикой. Открыт новый мир, практически целая планета со своими, пока ещё мало изученными свойствами и законами. Метеорология Титана очень интересна: несколько слоёв облаков, атмосферные течения, дожди из жидкого метана. Учёные кропотливо исследуют сложнейшие химические взаимоотношения водных, метановых, аммиачных и азотных составляющих атмосферы, океана и твёрдого вещества. Есть ли там суша? Как шумит этановый прибой в ледяных скалах? Часто ли на Титане гремят грозы? Какая сложная органика образовалась после миллиарда лет эволюции холодного океана углеводородов? На эти вопросы пока нет ответов.

Гиперион — тёмный спутник неправильной формы (330×240×200 км) с хаотическим собственным вращением, период которого меняется на десятки процентов в течение нескольких недель. Он связан с Титаном резонансом 4 : 3 (на четыре оборота вокруг Сатурна, совершаемые Титаном, приходится три орбитальных оборота Гипериона). Радиус его орбиты 1,481 млн километров. Спутник был обнаружен в 1848 г. американскими астрономами Джорджем Бондом и Уильямом Бондом и независимо от них — англичанином Уильямом Ласселлом.

Япет (диаметр 1440 км, радиус орбиты 3,561 млн километров) примечателен резкой асимметрией яркости полушарий — в десять раз! Учёные связывают сильное почернение передней (по ходу движения) стороны Япета с бомбардировкой мелкой пылью от внешнего спутника — Фебы. Япет обладает сильнократерированной поверхностью. Открыт Дж. Д. Кассини в 1671 г.

Феба — самый тёмный и далёкий (12,95 млн километров) спутник Сатурна, вращается вокруг планеты в обратном направлении. Диаметр этого почти шарообразного спутника — 220 км. Феба делает один оборот вокруг Сатурна за 1,5 года. Обратим внимание: у двух соседних планет — Сатурна и Юпитера — на внешних границах их спутниковых систем располагаются обратные спутники, что указывает на сходство происхождения этих загадочных объектов. Открыта Феба в 1898 г. американским астрономом Уильямом Пикерингом.

Учёные считают, что у Сатурна есть ещё не открытые маленькие спутники, в том числе и на самом краю его спутниковой империи.

УРАН: ВОКРУГ СОЛНЦА «ЛЁЖА НА БОКУ»

В XVIII в. границей Солнечной системы считался Сатурн, известный с незапамятных времён. Никому и в голову не приходило, что за ним скрывается ещё одна, неведомая планета. 13 марта 1781 г. новую планету — Уран — открыл учитель музыки из Англии Уильям Гершель, до этого совершенно неизвестный в астрономическом мире.



новила, что на этот раз «нарушителем» явился космический странник: рядом с повреждённой ударом машиной Напиов лежал оплавленный камень весом почти 9 кг.

Этот случай представляет собой скорее исключение, чем правило: падающие с неба камни или куски железа — их называют *метеоритами* — ведут себя удивительно миролюбиво по отношению к людям. Достоверно зафиксировано только два случая попадания метеоритов в людей (оба без серьёзных последствий), ничтожен и причинённый ими материальный ущерб. Никакой мистики в этом «дружелюбии» нет: падение метеорита — явление редкое и может произойти с равной вероятностью в любой точке земного шара. А люди до сих пор занимают не так уж много места на своей планете. Вот и падают небесные странники в океаны, на которые приходится более 2/3 земной поверхности, в обширные безлюдные пустыни, леса, полярные районы — в полном соответствии с законами математической статистики. Поэтому любой из нас не только практически не рискует получить удар метеорита, но даже имеет очень мало шансов увидеть его падение.

Впрочем, отчаиваться не стоит. Наблюдать прибытие на Землю космического вещества может каждый. Достаточно в ясную ночь провести хотя бы час, всматриваясь в звёздное небо, и вы наверняка заметите огненную черту, прорезающую небосвод. Это — падающая звезда, или *метеор*. Иногда их бывает много — целые звёздные ливни. Но сколько бы их ни пролетело, вид звёздного неба не изменится: падающие звёзды не имеют никакого отношения к звёздам настоящим.

В космическом пространстве, окружающем нашу планету, движется множество твёрдых тел самых разных размеров — от пылинок до глыб с поперечниками в десятки и сотни метров. Чем больше размер тел, тем реже они встречаются. Поэтому пылинки сталкиваются с Землёй ежедневно и ежечасно, а глыбы — раз в сотни и даже тысячи лет.



Фотография метеора, полученная неподвижной камерой при длительной экспозиции. Видны суточные дуги звёзд.

Совершенно различны и сопровождающие эти столкновения эффекты. Маленькое тело массой в доли грамма, вторгаясь в земную атмосферу с огромной скоростью (десятки километров в секунду), раскаляется от трения о воздух и целиком сгорает на высоте 80—100 км. Наблюдатель на Земле видит в этот момент метеор. Если же в атмосферу влетает кусок побольше, например размером с кулак, и притом не с самой большой скоростью, — атмосфера может сработать как тормоз и погасить космическую скорость, прежде чем кусок полностью сгорит. Тогда его остаток упадёт на поверхность Земли. Это и есть метеорит. Падение метеорита сопровождается полётом по небу огненного шара и громоподобными звуками. Такие явления мало кому доводилось наблюдать. Наконец, когда масса влетевшего тела ещё больше, атмосфера уже не может погасить всю его скорость, и оно врезается в поверхность Земли, оставляя на ней космический шрам — метеоритный кратер или воронку.

Если посмотреть в телескоп на Луну, то видно, что вся её поверхность буквально изрыта такими кратерами — следами метеоритной бомбардировки, которой Луна подвергалась в прошлом. Земля тоже получала в прошлом космические удары. Их следы в виде метеоритных кратеров (иногда их называют *астроблемы* — «звёздные раны») остались на поверхности нашей планеты. Наиболее известный из них — кратер в Аризоне — имеет в поперечнике более 1 км и образовался 50 тыс. лет назад. Сухой климат пустыни обеспечил его хорошую

♅ УРАН

Диаметр	51 800 км
Масса	$8{,}7 \cdot 10^{25}$
	14,6 $M_{\oplus}$
Плотность	1710 кг/$м^3$
Период вращения	17 ч 14 мин
Среднее расстояние от Солнца	19,18 а. е.
Период обращения	84,01 года
Эксцентриситет орбиты	0,047
Наклон орбиты	0,77°



плотный океан из воды, аммиака и метана с температурой поверхности 2200 °С. Атмосферное давление на уровне океана — 200 тыс. земных атмосфер. В отличие от Сатурна и Юпитера на Уране нет металлического водорода, и аммиачно-метаново-водная оболочка толщиной 10 тыс. километров переходит в центральное железно-каменное ядро из твёрдых пород. Температура там достигает 7000 °С, а давление — 6 млн атмосфер.

ВНЕШНИЕ СПУТНИКИ

Всего у Урана известно 15 спутников. Эта спутниковая система лежит в экваториальной плоскости планеты, т. е. почти перпендикулярно к плоскости её орбиты (как монета на ребре, катящаяся по столу, или как колесо обозрения в парке). В конце XX в. Уран повёрнут полюсом к Земле и взгляд земного наблюдателя направлен почти под прямым углом к плоскости орбит спутников.

Два самых далёких спутника — **Оберон** и **Титания**, открытые Гершелем, — расположены на расстояниях 582,6 и 435,8 млн километров от планеты. Они почти близнецы. Это самые крупные спутники Урана диаметрами 1520 и 1580 км соответственно. Внешний — Оберон — обладает древней ледяной поверхностью, сильно изрытой метеоритными кратерами. Свидетельств крупных тектонических разрывов и геологических движений на нём мало. На Титании кроме многочисленных кратеров есть сетка крупных тектонических разломов и признаки древнего вулканизма.

Два следующих спутника — **Умбриэль** и **Ариэль** — открыты англий-



ТУНГУССКИЙ МЕТЕОРИТ

Падение Тунгусского метеорита произошло 30 июня 1908 г. Оно сопровождалось явлениями, которые указывали на очень мощное выделение энергии. Огненный шар, видимый на территории протяжённостью в сотни километров; мощные громовые раскаты; воздушная волна, дважды обогнувшая земной шар и зарегистрированная барометрами во многих странах; наконец, небольшое землетрясение, отмеченное сейсмографом в Иркутске, — всё это говорило о чрезвычайном характере космической катастрофы. Падение произошло в глухой тайге в бассейне реки Подкаменная Тунгуска, в 100 км от ближайшего (очень маленького) населённого пункта, и только в 1927 г. первые исследователи сумели туда добраться. Им открылась потрясающая картина: почти все деревья на площади поперечником около 40 км были повалены, причём корни их показывали в одно место. А в эпицентре, где следовало бы ожидать наиболее сильных разрушений, стоял мёртвый «телеграфный» лес: голые прямые стволы с начисто обрубленными ветками. Ни первая, ни многочисленные последующие экспедиции не смогли найти ни одного куска Тунгусского метеорита. И что ещё более удивительно, на месте падения нет метеоритного кратера.

Во времена первых тунгусских экспедиций, руководимых энтузиастом метеоритики Леонидом Алексеевичем Куликом, ещё мало было известно о том, как происходит удар очень крупного метеорита о поверхность планеты. Вулканическая гипотеза происхождения лунных кратеров имела большее число сторонников, чем общепризнанная ныне ударно-метеоритная. А в США бурили дно Аризонского метеоритного кратера, надеясь обнаружить многотонную металлическую глыбу. Сегодня ясно, что мгновенная остановка в грунте огромного тела переводит в тепло колоссальную энергию его движения, происходят испарение «ударника» и самый настоящий взрыв, порождающий круглый метеоритный кратер. При этом крупных осколков метеорита может и не сохраниться. Но ведь на Тунгуске и кратера тоже нет!

Теперь мы знаем, что даже весьма крупные космические тела, влетающие в атмосферу Земли, не всегда достигают её поверхности. В 70—80-х гг. в США действовала так называемая Прерийная сеть фотографических камер, призванная фотографировать падения метеоритов. За десять лет работы удалось зафиксировать только одно падение — метеорит Лост-Сити (1970 г.). Однако к удивлению специалистов на плёнках были отмечены и более яркие болиды, чем тот, что закончился падением метеорита. И всё же после них на Землю ничего не упало — всё вещество «расточилось» в атмосфере.

Конец XX века не принёс окончательного решения Тунгусской проблемы. Самой вероятной гипотезой остаётся предположение, что Тунгусское тело представляло собой ядро или часть ядра небольшой старой кометы. Это ядро много раз прошло мимо Солнца и потеряло почти все свои льды. Остались слипшиеся воедино твёрдые частицы, не очень прочно сцепленные между собой. Влетев в атмосферу Земли, под давлением набегающего потока воздуха тело стало быстро разрушаться. На высоте в несколько километров всё оно рассыпалось в пыль, а отделившаяся ударная волна произвела те разрушения, которые зафиксированы на месте падения: она повалила деревья там, где ударила наклонно, и срубила с них сучья там, где ударила вертикально, т. е. в эпицентре.



Мелкие шарики (диаметром не более 1 мм) из района падения крупного метеорита. Это расплавленное трением о воздух и сдутое набегающим потоком вещество метеорита. Такие же шарики находят в почвах и торфах на месте падения Тунгусского метеорита.



Вывал леса на месте падения Тунгусского метеорита. Фотография сделана во время одной из первых экспедиций Л. А. Кулика, карта составлена значительно позже. Ось симметрии зоны вывала соответствует направлению траектории тела. Стрелки показывают направление поваленных деревьев.



Воздушная волна при падении Тунгусского метеорита. Она повалила деревья там, где падала наклонно. В эпицентре удар был вертикальный и срубил сучья с деревьев, оставив стоячий «телеграфный лес».



ВНУТРЕННИЕ СПУТНИКИ

«Вояджер-2» в 1986 г. открыл десять новых маленьких спутников в зоне 50—86 тыс. километров от планеты — именно там, где и предсказывали астрономы ещё за год до этого. Новым спутникам дали имена героев Шекспира. А орбиты шести из них оказались близки к заранее найденным.

Имя	Радиус орбиты, тыс. км	
	предсказанный в 1985 г.	открытый в 1986 г.
Порция	66,45	66,10
Дездемона	62,47	62,66
Крессида	61,86	61,77
Бианка	58,60	59,16
Офелия	55,38	53,76
Корделия	51,58	49,75

Остальные четыре спутника — Пэк, Белинда, Розалинда, Джульетта, хотя и названы в основном именами прекрасных героинь, черны как уголь. На самом крупном из них — Пэке (диаметр 150 км) — видны кратеры. Этот единственный новый спутник с мужским именем находится на расстоянии 86 тыс. километров от Урана — как раз между кольцами и Мирандой.



Два небольших спутника с внешней и с внутренней стороны кольца не позволяют частицам вещества покидать кольцо.

наблюдалось свыше 200 покрытий звёзд Ураном, в результате которых изучены свойства и уточнены радиусы его колец.

Кольца Урана представляют собой набор из девяти чёрных «паутинок». Радиусы их орбит лежат в пределах 40—50 тыс. километров, а ширина лишь 1—10 км, и только внешнее кольцо в самой широкой части достигает 96 км. Каждое кольцо шире всего в той части, которая наиболее удалена от планеты. Толщина же их, как и колец Сатурна, исчисляется десятками метров. Частицы, из которых образованы кольца, достигают в размерах нескольких метров и отражают в среднем около 3% падающего на них света. Кольца обладают небольшой эллиптичностью и наклонением к экваториальной плоскости Урана. Они имеют чёткие края, и каждое кольцо движется практически как единое целое. В наиболее широких кольцах хорошо просматриваются радиальные структуры километровых масштабов.

Стабильность и узость колец создаёт немало проблем для астрономов. Быть может, возле Урана есть ещё неоткрытые спутники, вызвавшие образование таких странных колец? В 1985 г. было обнаружено, что расположение их подчиняется интересным резонансным соотношениям. Учёные выдвинули гипотезу, что между внешней границей колец и Мирандой существует несколько неоткрытых спутников, и даже сумели предсказать радиусы орбит шести предполагаемых спутников в области 50—70 тыс. километров от планеты.

В январе 1986 г. «Вояджер-2» пролетел мимо Урана и детально исследовал уже известные узкие кольца. Область между плотными кольцами оказалась заполненной прозрачным слоем мелкой пыли. Эта чёрная пыль распределена неоднородно и образует ряд кольцевых структур. Неожиданно выяснилось, что верхняя атмосфера Урана простирается вплоть до колец, что приводит к быстрому торможению их частиц. Таким образом, проблема происхождения и устойчивости колец оказалась очень сложной.

НЕПТУН И ТРИТОН — ЦАРСТВО ХОЛОДА

Открытие Нептуна было своего рода триумфом небесной механики: его присутствие в Солнечной системе сначала «вычислили» теоретики, и лишь после этого планету обнаружили на небе в предсказанном ими месте.

Наблюдения открытого в конце XVIII в. Урана, казалось, давали возможность создать точную теорию его движения, т. е. составить таблицы положений планеты в заранее определённые моменты. Однако сделать это не удалось: в первые десятилетия XIX в. Уран упорно забегал вперёд, а в последующие годы отставал от предвычисленных положений. Пытаясь понять причину «плохого» поведения Урана,



внимание на странные куски вещества. Как правило, метеориты снаружи оплавлены, и поверхность их часто несёт на себе своеобразную застывшую «рябь» — *регмаглипты*. Только в местах падений обильных метеоритных дождей целенаправленный поиск образцов приносит результат. Правда, в последнее время обнаружены места естественной концентрации метеоритов, самые значительные из них — в Антарктиде.

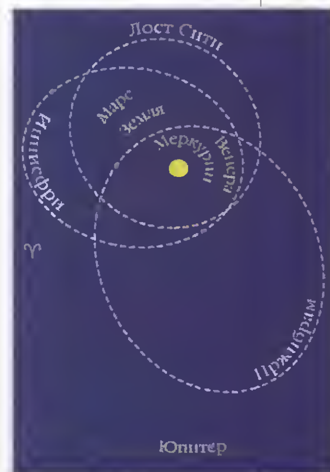
Если имеются сведения об очень ярком болиде, который мог завершиться выпадением метеорита, следует постараться собрать наблюдения этого болида случайными очевидцами на возможно большей площади. Нужно, чтобы очевидцы с места наблюдения показали путь болида на небе. Желательно измерить горизонтальные координаты (азимут и высоту) каких-нибудь точек этого пути (начала и конца). При этом используются простейшие приборы: компас и эклиметр — инструмент для измерения угловой высоты (это по сути дела транспортир с закреплённым в его нулевой точке отвесом). Когда такие измерения выполнены в нескольких пунктах, по ним можно построить атмосферную траекторию болида, а затем поискать метеорит вблизи проекции на землю её нижнего конца.

Сбор сведений об упавших метеоритах и поиск их образцов являются увлекательными задачами для любителей астрономии, но сама постановка таких задач во многом связана с некоторым везением, удачей, которую важно не упустить. А вот наблюдения метеоров могут проводиться систематически и приносить ощутимые научные результаты. Разумеется, такой работой занимаются и профессиональные астрономы, вооружённые современной аппаратурой. Например, в их распоряжении имеются радиолокаторы, при помощи которых метеоры можно наблюдать даже днём. И всё же правильно организованные любительские наблюдения, которые к тому же не требуют сложных технических средств, до сих пор играют определённую роль в метеорной астрономии. Ведь у профессионалов просто руки не доходят до некоторых видов наблюдений. Так, простой подсчёт числа метеоров какого-нибудь потока, проводимый наблюдателем или, что лучше, группой наблюдателей из года в год, даёт возможность оценить его важные характеристики. Радианты потоков лучше исследовать фотографическим способом. Для этого нужно иметь светосильную фотокамеру (светосила не менее 1 : 2) и достаточно чувствительную фотоплёнку. Методы и задачи таких наблюдений описаны в специальных руководствах.

Любительские наблюдения метеоров имеют давнюю традицию в нашей стране и во всём мире. Существуют объединения метеорщиков-любителей (в том числе международные), издаются специальные журналы. Впрочем, и обычные астрономические журналы публикуют работы любителей, если они выполнены на хорошем уровне. Зоркие глаза энтузиастов и сегодня служат науке.

* * *

...Тёплая летняя ночь. Вдали от городских огней под ясным небом расположилась группа наблюдателей. Каждый из них лежит в спальном мешке, устремив взгляд в бездонное чёрное небо. Вдруг яркая огненная черта прорезает тёмный небосвод. Дружно вскрикнули наблюдатели, а затем по очереди стали диктовать секретарю, что успели рассмотреть в этом метеоре. И снова тишина — все ждут, когда появится очередной космический странник. А звёздное небо всегда вознаграждает этих влюблённых в своё занятие людей.



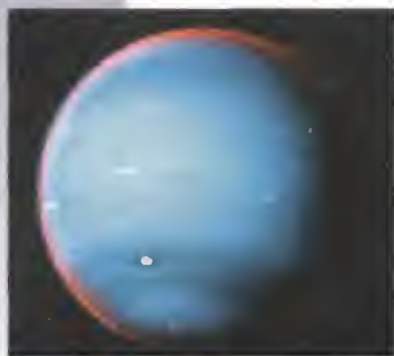
Орбиты метеоритов, сфотографированных при падении. Все орбиты — астероидного типа.





♆ НЕПТУН

Диаметр	48 600 км
Масса	$1{,}03 \cdot 10^{26}$ кг 17,2 $M_{\oplus}$
Плотность	2300 кг/м^3
Период вращения	16 ч 03 мин
Среднее расстояние от Солнца	30,06 а. е.
Период обращения	164,79 года
Эксцентриситет орбиты	0,009
Наклон орбиты	1,77°



355 тыс. километров. Обратные спутники других планет имеют диаметры в пределах от 30 до 220 км, содержат ничтожную часть массы своих спутниковых систем и удалены от планет на 13—25 млн километров.

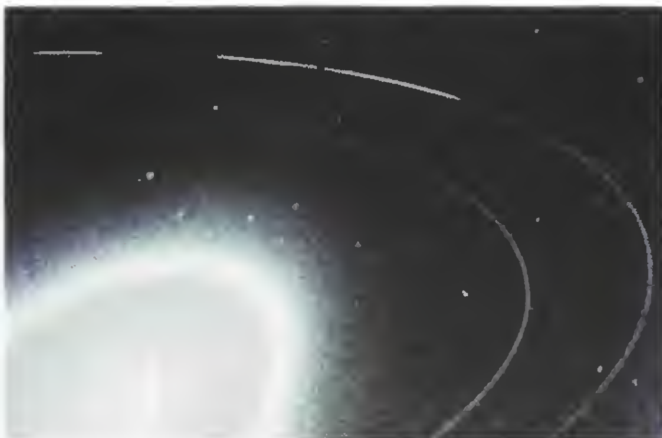
В 1949 г. американец Джерард Койпер открыл вторую луну Нептуна диаметром 340 км — **Нереиду**. Она тоже по-своему уникальна: у её орбиты наибольший эксцентриситет среди спутников Солнечной системы (0,75). Расстояние между Нереидой и Нептуном меняется в семь раз от перигея к апогею орбиты. При этом она является самым внешним спутником Нептуна со средним радиусом орбиты 5,5 млн километров. (Таким образом, Тритон остаётся единственным известным внутренним обратным спутником.) Нереида делает оборот вокруг Нептуна за 360, а Тритон — за 6 суток.

В августе 1989 г. «Вояджер-2» пролетел возле Нептуна. Этот космический аппарат, пробывший в космосе 12 лет и выработавший практически все запланированные ресурсы, блестяще завершил свою миссию, передав из системы Нептуна 9 тыс. изображений и открыв для нас новый мир на окраине Солнечной системы. Он сфотографировал шесть новых спутников Нептуна с радиусами орбит от 48 до 118 тыс. километров и диаметрами от 50 до 400 км. Эти космические тела черны и покрыты кратерами.

И снова удивил Тритон: он оказался вторым спутником в Солнечной системе (первый — спутник Сатурна Титан), имеющим значительную атмосферу. Состав атмосферы — азот с примесью метана, а давление на поверхности в 70 тыс. раз меньше земного. Температура на Тритоне –235 °С. Это самое холодное тело Солнечной системы, исследованное вблизи. В отличие от остальных спутников Нептуна поверхность Тритона







Кольца Нептуна состоят из отдельных дуг.

концов дуги. Представить себе стабильное скопление частиц в одной части орбиты очень трудно. Ведь периоды обращения независимых частиц хоть немного, но отличаются, так что всё скопление должно постепенно растянуться вдоль орбиты и превратиться в кольцо.

В августе 1989 г. «Вояджер-2» сфотографировал уникальное образование — три плотные яркие арки, нанизанные на непрерывное узкое и прозрачное пылевое колечко. Внутри арок видна цепь отдельных сгустков на расстоянии нескольких сот километров друг от друга. Исследование арок показывает, что в середине они содержат уплотнение шириной 15 км, окружённое прозрачным пылевым шлейфом шириной 50 км.

Сложные расчёты позволили сделать вывод о том, что арки Нептуна представляют собой цепочки ранее неизвестных науке эллиптических вихрей антициклонического типа, состоящих из твёрдых частиц. Размеры самых крупных частиц, видимо, достигают нескольких сот метров. Эти уникальные вихри названы *эпитонами*; они сложным образом взаимодействуют с ближайшим спутником (Галатеей), между собой и с непрерывным пылевым кольцом.

ЗАТЕРЯННЫЙ МИР: ПЛУТОН И ХАРОН

В феврале 1930 г. молодой американский астроном Клайд Томбо на Ловелловской обсерватории во Флагстаффе открыл новую, девятую планету Солнечной системы, получившую название Плутон.

По представлениям древних греков, Плутон (Аид) — бог подземного царства, в котором господствует вечный мрак. В тех областях Солнечной системы, где движется Плутон, действительно очень мрачно. Среднее расстояние Плутона от Солнца в 40 раз больше расстояния Земли, а значит, света и тепла он получает в 1600 раз меньше. Солнце на небе Плутона выглядит очень яркой звездой, не имеющей видимого диска. И всё же оно там светит в 300 раз ярче, чем полная Луна на нашем небе.

Открытие Плутона не было случайным. В продолжение 15 лет на обсерватории во Флагстаффе велись поиски занептуновой планеты, которая, по расчётам основателя обсерватории Персиваля Ловелла, слегка возмущала движение Урана и Нептуна. Поиски увенчались успехом. Вскоре изображения Плутона были найдены и на более ранних фотографиях, начиная с 1914 г. Это позволило вычислить его орбиту.

Плутон при открытии имел блеск звезды 15-й звёздной величины. Наблюдать его можно только в сильные телескопы. Вследствие малых размеров видимого диска планеты очень трудно было определить её диаметр.

Учёные применили косвенные методы. Так, если Марс условно перенести на расстояние Плутона, то он будет освещён Солнцем в 625 раз слабее. Кроме того, из-за удаления от Земли он будет светить нам ещё в 1600 раз слабее. В результате яркость Марса уменьшится на 15 звёздных величин, т. е. станет такой же, как у Плутона. Следовательно, по размерам Плутон сравним с Марсом, а если его альбедо (отражательная

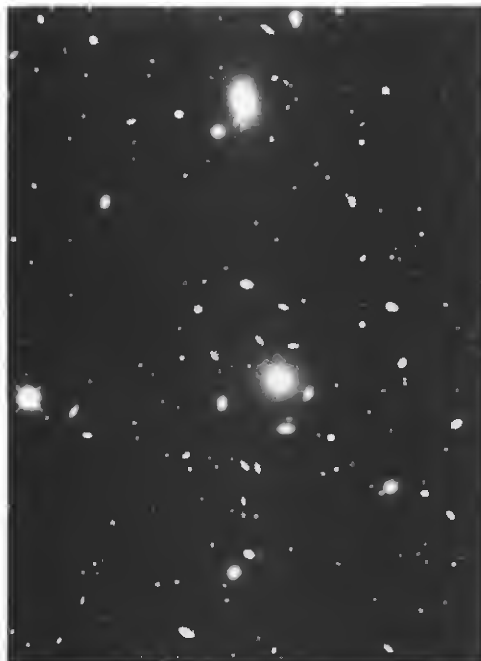


тик, как планеты — звёзд. Местная группа устойчива — гравитация прочно удерживает её членов.

Галактики и их группы распределены в пространстве не равномерно, а образуют скопления, обычно неправильной формы. Есть и скопления правильной, сферической формы, которые состоят из сотен и тысяч отдельных звёздных систем, сильно концентрирующихся к центру. Такие скопления называют *регулярными*. В них много эллиптических и линзовидных галактик и почти нет спиральных. В центре находится одна или несколько гигантских эллиптических галактик. Часто они обладают сильным радиоизлучением, поэтому регулярные скопления нередко связаны с яркими радиоисточниками. Одно из ближайших к нам регулярных скоплений расположено в созвездии Волосы Вероники. Оно находится на расстоянии 125 Мпк (примерно 400 млн световых лет) от нас. Размеры таких скоплений очень велики — десятки мегапарсек. Даже при тех огромных расстояниях, которые отделяют их от нас, они выглядят очень протяжёнными (скопление в Волосах Вероники, например, занимает на небе область диаметром 12°).

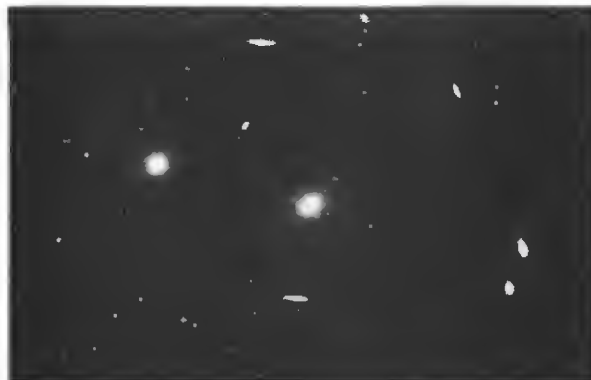
В *иррегулярных* (неправильных) скоплениях много спиральных систем. Но общее число галактик в таких скоплениях значительно меньше по сравнению с регулярными. Вообще, чем больше членов содержит скопление, тем более правильную форму оно имеет. Примером иррегулярного скопления является ближайшее к нам крупное скопление галактик в созвездии Девы. Местная группа, в которую входит наш Млечный Путь, расположена примерно в 15 Мпк от него.

Наивысшая плотность галактик наблюдается в центральных областях регулярных скоплений. Расстояния между звёздными системами здесь сравнимы с их собственными размерами, и галактики часто сталкиваются. Конечно, столкновение галактик не надо понимать в буквальном смысле, как некую катастрофу. Расстояния между звёздами огромны, и при столкновении двух галактик звёзды одной из них свободно проходят между звёздами другой, а длится это сотни миллионов лет. Однако галактики активно влияют друг на друга силами гравитации, звёзды изменяют свои орбиты и как бы перемешиваются. В некоторых случаях это приводит к разрушению или слиянию галактик.



Скопление галактик в созвездии Волосы Вероники.

Именно в результате таких столкновений и слияний в центральных областях регулярных скоплений образуются гигантские эллиптические системы. Они «заглатывают» межгалактический газ и медленно проникающие в них мелкие галактики.

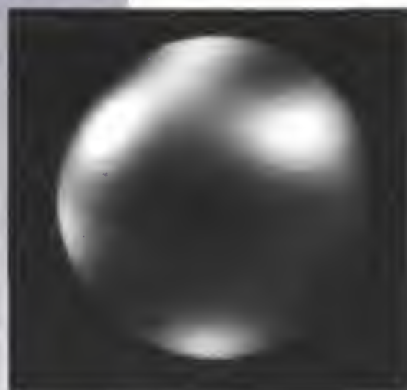


Часть скопления галактик в созвездии Девы



♇ ПЛУТОН

Диаметр	2290 км
Масса	$1{,}3 \cdot 10^{22}$ кг
	0,002 $M_{\oplus}$
Плотность	2100 кг/м^3
Период вращения	6,38 суток
Среднее расстояние от Солнца	39,53 а. е.
Период обращения	247,7 года
Эксцентриситет орбиты	0,249
Наклон орбиты	17,3°



атмосферного давления у поверхности Земли.

Поверхность Плутона покрыта метановым льдом и поэтому имеет сероватый оттенок в отличие от красноватого Харона, на котором преобладают обычные скальные породы и водяной лёд.

В течение нескольких лет до и после прохождения перигелия Плутон бывает ближе к Солнцу, чем Нептун. Этот период можно считать «летом» для Плутона. Всё же температура у поверхности планеты в это время составляет (по разным оценкам) от 45 до 67 К (от –228 до –206 °С). В последний раз Плутон прошёл свой перигелий 9 сентября 1989 г. Через 124 года, когда он будет в афелии, приток солнечного тепла уменьшится втрое и температура упадёт до 32—50 К.

В 1995 г. американские учёные с помощью специальной аппаратуры, смонтированной на орбитальном Хаббловском космическом телескопе, сфотографировали всю поверхность Плутона и составили его карту. Северный полюс планеты покрыт шапкой из замёрзших газов. В других областях светлые и тёмные районы перемежаются яркими вытянутыми полосами. Предполагается, что это связано с отложениями инея: древнейшим из них, успевшим разложиться под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца, соответствует более тёмная окраска, а более свежим — светлая.

Орбиты Плутона и Нептуна лежат в разных плоскостях, так что они не пересекаются, как можно подумать, глядя на схему Солнечной системы, где все орбиты спроецированы на плоскость эклиптики. Более того, поскольку периоды обращения Нептуна и Плутона относятся как 2 : 3, движение этих планет происходит, как принято говорить, в резонансе,



Это можно считать важнейшим научным событием XX в.

* * *

Всё началось, когда Альберт Эйнштейн создал общую теорию относительности. В её уравнениях описаны фундаментальные свойства материи, пространства и времени. («Относительный» по-латыни звучит как relativus, поэтому теории, основанные на теории относительности Эйнштейна, называются релятивистскими.)

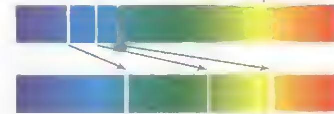
Применив свою теорию ко Вселенной как целой системе, Эйнштейн обнаружил, что такого решения, которому соответствовала бы не меняющаяся со временем Вселенная, не получается. Этот результат не удовлетворил великого учёного. Чтобы добиться стационарного решения своих уравнений, Эйнштейн ввёл в них дополнительное слагаемое — так называемый лямбда-член. Однако до сих пор никто не смог найти какого-либо физического обоснования этого дополнительного члена.

В начале 20-х гг. советский математик Александр Александрович Фридман решил для Вселенной уравнения общей теории относительности, не накладывая условия стационарности. Он доказал, что могут существовать два решения для Вселенной: расширяющийся мир и сжимающийся мир. Полученные Фридманом уравнения используют для описания эволюции Вселенной и в настоящее время.

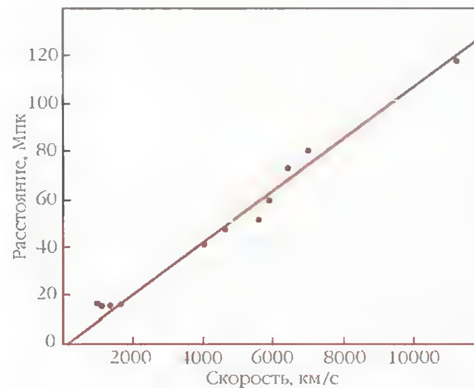
Все эти теоретические рассуждения никак не связывались учёными с реальным миром, пока в 1929 г. американский астроном Эдвин Хаббл не подтвердил расширение видимой части Вселенной. Он использовал при этом эффект Доплера. Линии в спектре движущегося источника смещаются на величину, пропорциональную скорости его приближения или удаления, поэтому скорость галактики всегда можно вычислить по изменению положения её спектральных линий.

Ещё во втором десятилетии XX в. американский астроном Весто Слайфер, исследовав спектры нескольких галактик, заметил, что у большинства из них спектральные линии смещены в красную сторону. Это означало, что они удаляются от нашей Галактики со скоростями в сотни километров в секунду.

Хаббл определил расстояния до небольшого числа галактик и их скорости. Из его наблюдений следовало, что чем дальше находится галактика, тем с большей скоростью она от нас удаляется. Закон, по которому скорость удаления пропорциональна расстоянию, получил название *закона Хаббла.*



Красное смещение. Линии в спектрах дальних галактик смещены в красную сторону вследствие эффекта Доплера.



Закон Хаббла. Зависимость скорости удаления галактик от расстояний до них.

Означает ли это, что наша Галактика является центром, от которого и идёт расширение? С точки зрения астрономов, такое невозможно. Наблюдатель в любой точке Вселенной должен увидеть ту же картину: все галактики имели бы красные смещения, пропорциональные расстоянию до них. Само пространство как

Вселенная расширяется, но центр расширения отсутствует: из любого места картина расширения будет представляться той же самой.







МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

АСТЕРОИДЫ

В конце XVIII в. астрономы насчитывали в Солнечной системе семь планет. Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн были известны с глубокой древности; в 1781 г. английский учёный Уильям Гершель заметил в большой телескоп седьмую планету, названную Ураном. К тому времени периоды обращения планет и размеры их орбит уже были определены с достаточной точностью методами небесной механики.

Если начертить план орбит планет, то окажется, что расстояния планет от Солнца возрастают приблизительно в геометрической прогрессии. Данная закономерность получила название *правила Тициуса — Боде* по именам обнаруживших её немецких учёных. Её можно проиллюстрировать следующей таблицей:

0,4 + 0	= 0,4	Меркурий
0,4 + 0,3	= 0,7	Венера
0,4 + 0,3 x 2	= 1,0	Земля
0,4 + 0,3 x 4	= 1,6	Марс
0,4 + 0,3 x 8	= 2,8	....
0,4 + 0,3 x 16	= 5,2	Юпитер
0,4 + 0,3 x 32	= 10,0	Сатурн
0,4 + 0,3 x 64	= 19,6	Уран

Эта таблица в общем довольно правильно даёт значения средних расстояний планет от Солнца в астрономических единицах.

Обращает на себя внимание тот факт, что между Марсом и Юпитером имеется промежуток: планеты, соответствующей пятому члену ряда, нет. Астрономы более трёх десятков лет с досадой и надеждой взирали на эту неувязку. Реальность здесь нарушала математическую гармонию.

И вот первый день нового, XIX столетия принёс долгожданное открытие. В ночь на 1 января 1801 г. на обсерватории в Палермо (остров Сицилия) астроном Джузеппе Пиацци, занимаясь составлением каталога звёзд в созвездии Близнецов, обнаружил



чалу Взрыва? Почему пространство имеет три измерения, а время — одно? Как в стремительно расширяющейся Вселенной смогли появиться стационарные объекты — звёзды и галактики? Что было до начала Большого Взрыва? Над поисками ответов на эти и многие другие вопросы работают современные астрономы и физики.



Жорж Леметр.

КОСМОЛОГИЯ, ИЛИ ЧТО БЫЛО, КОГДА НЕ СУЩЕСТВОВАЛО ЗВЁЗД

Для описания Вселенной астрономы используют математические модели, упрощённо описывающие её основные свойства. Таких моделей может быть много, но все они похожи в том, что рассматривают расширяющуюся Вселенную, в которой действуют известные законы физики. Факт расширения Вселенной означает, что наш мир не был одинаковым во все времена.

ПУТЕШЕСТВИЕ В ПРОШЛОЕ

Мысленно переносясь в прошлое, можно найти момент, когда расстояние между любыми двумя галактиками было столь малым, что они «касались» друг друга. А продолжив это путешествие во времени, мы неизбежно придём к такому моменту, когда вся доступная наблюдениям область Вселенной формально была стянута в точку, а плотность её была бесконечно большой! Разумеется, физически это невозможно, но в рамках модели допустимо говорить о «времени жизни» Вселенной как времени, прошедшем с момента существования бесконечно большой (или просто очень большой, но ещё имеющей физический смысл) плотности. Это время, часто называемое *возрастом Вселенной*, оказывается около 12—15 млрд лет. Если наши математические модели верно описывают реальную Вселенную, то среди наблюдаемых астрономических объектов не должно быть таких, возраст которых превосходил бы возраст Вселенной. И действительно, возраст самых старых звёзд как нашей, так и других галактик не больше 15 млрд лет.

Поскольку любой сигнал, несущий информацию, не может передаваться со скоростью больше скорости света (с = 300 000 км/с), конечный «возраст» Вселенной позволяет условно говорить и о размере Вселенной как о размере области, из которой информация может дойти до наблюдателя (например, до нас с вами) за время, прошедшее с момента начала расширения. Никакое совершенствование техники не позволит заглянуть ещё дальше. Это предельное расстояние, до которого в принципе могут «дотянуться» наши наблюдения. В честь Эдвина Хаббла его называют *хаббловским радиусом*. В настоящее время оно составляет около 4000 Мпк.

Как мы уже сказали, понятие радиуса Вселенной достаточно условно: реальная Вселенная безгранична и нигде не кончается. Ясно, что «горизонт» любого наблюдателя раздвигается со скоростью света всё дальше и дальше. Из-за конечности скорости света величина красного смещения в спектре далёкой галактики одновременно является и мерой расстояния до неё, и мерой времени, прошедшего с момента испускания ею того излучения, которое мы сейчас улавливаем. Наблюдая всё более и более далёкие галактики, мы заглядываем в их прошлое, видим их такими, какими они были миллионы и миллиарды лет назад.

ОДНОРОДНАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Из наблюдений вытекает странный на первый взгляд вывод о том, что Вселенная в больших масштабах одно-

астероидов (перед именем стоит номер): 2 Паллада, 224 Океана, 265 Анна, 433 Эрос, 558 Кармен, 951 Гаспра, 1180 Рита, 2202 Пеле, 4179 Таутатис...

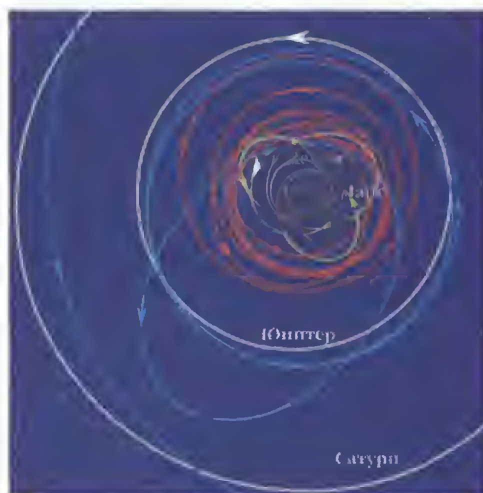
Пока открыты лишь самые крупные астероиды. Более мелких — ещё многие миллионы.

ПОЯС АСТЕРОИДОВ

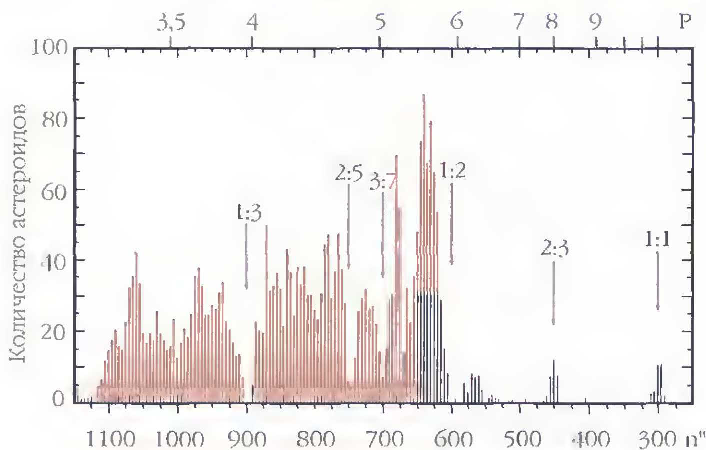
Орбиты большинства пронумерованных малых планет (98%) расположены между орбитами Марса и Юпитера. Их средние расстояния от Солнца составляют от 2,2 до 3,6 а. е. Они образуют так называемый *главный пояс* астероидов. Все малые планеты, как и большие, движутся в прямом направлении. Периоды их обращения вокруг Солнца составляют в зависимости от расстояния от трёх до девяти лет. Нетрудно сосчитать, что линейная скорость приблизительно равна 20 км/с.

Орбиты многих малых планет заметно вытянуты. Эксцентриситеты редко превышают 0,4, но, например, у астероида 2212 Гефест он равен 0,8. Большинство орбит располагается близко к плоскости эклиптики, т. е. к плоскости орбиты Земли. Наклоны обычно составляют несколько градусов, однако бывают и исключения. Так, орбита Цереры имеет наклон 35°, известны и бóльшие наклонения.

Если на макете Солнечной системы орбиты астероидов изобразить проволочными кольцами, то получится рыхлый ажурный тор хаотически переплетённых в пространстве эллипсов. В этом хаосе, однако, была подмечена интересная закономерность: отсутствуют астероиды с большими полуосями орбит, равными 3,3; 2,1 а. е., и некоторыми другими. На диаграмме, где показано количество астероидов в зависимости от радиуса орбиты, видны отчётливые пробелы. Их назвали *люками Кирквуда* по имени обнаружившего этот эффект американского учёного. Оказывается, что в этих местах периоды обращения астероидов становятся соизмеримыми с периодом обращения самой большой и массивной планеты — Юпитера. За счёт гравитационных сил возникает резонанс. Орбита астероида раскачивается слабым, но многократным гравитационным воздействием Юпитера. В результате астероид покидает эту область пространства.



Орбиты некоторых астероидов, спроецированные на плоскость эклиптики. Жёлтые линии — орбиты астероидов, пересекающие орбиту Земли, красные линии — орбиты астероидов между орбитами Марса и Юпитера, синие линии — орбиты астероидов, выходящие за орбиту Юпитера.



Распределение астероидов по величине большой полуоси орбиты. Верхняя горизонтальная ось — периоды обращения (P) в годах, нижняя — среднее суточное движение в угловых секундах. Цифры возле стрелок — отношения периодов обращения астероида и Юпитера. Под некоторыми из них видны отчётливые пробелы — люки Кирквуда.
▼

АСТЕРОИДЫ ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ

Возможно, нам, жителям Земли, наиболее важно знать астероиды, орбиты которых близко подходят к орбите нашей планеты. Обычно выделяют три семейства сближающихся с Землёй астероидов. Они названы по именам типичных представителей — малых планет: 1221 Амур, 1862 Аполлон, 2962 Атóн. К семейству Амура относятся астероиды, орбиты которых в



ну и ту же картину в любом месте наблюдаемой части Вселенной. Внутри таких объёмов число галактик и их скоплений будет почти одинаковым.

Мысленно «размазав» все галактики по этим объёмам, мы получим одинаковую среднюю плотность вещества. Её значение является одним из важнейших параметров, характеризующих Вселенную. Однородность Вселенной сильно упрощает её математическое моделирование.

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

В расширяющейся Вселенной средняя плотность вещества зависит от времени — в прошлом плотность была больше. Однако при расширении изменяется не только плотность, но и тепловая энергия вещества (газ при расширении остывает!). Это наводит на мысль, что Вселенная на ранней стадии расширения была не только плотной, но и горячей. Такую модель впервые предложил Георгий Гамов в конце 40-х гг. Как следствие, в наше время должно наблюдаться остаточное излучение (его называют реликтовым), дошедшее до нас из далёкой эпохи, когда дозвёздную Вселенную заполнял горячий газ.

Гамов предсказал, что спектр реликтового излучения должен быть точно таким же, как у излучения совершенно непрозрачного тела (физики говорят — абсолютно чёрного тела) с температурой в несколько кельвинов. От излучения звёзд и галактик оно должно отличаться именно своим специфическим видом спектра и к тому же одинаковой интенсивностью во всех направлениях на небе, т. е. высокой степенью изотропии. И действительно, такое излучение открыли американские радиоастрономы Арно Пензиас и Роберт Уилсон в 1965 г. Его температура оказалась равной 2,73 К, что близко к предсказанной величине. Тем самым гипотеза «горячей Вселенной» получила наблюдательное обоснование. Отметим, что максимум в спектре реликтового излучения приходится на миллиметровую область радиоволн.



Открытие реликтового излучения. А. Пензиас и Р. Уилсон у радиотелескопа.

СУДЬБА ВСЕЛЕННОЙ

Космологические модели приводят к выводу, что судьба расширяющейся Вселенной зависит только от средней плотности заполняющего её вещества и от значения постоянной Хаббла. Если средняя плотность равна или ниже некоторой *критической плотности*, расширение Вселенной будет продолжаться вечно. Если же плотность окажется выше критической, то расширение рано или поздно остановится и сменится сжатием. Красное смещение линий в спектрах галактик тогда обратится в фиолетовое, поскольку расстояния между галактиками будут уменьшаться. Чему же равна эта таинственная критическая плотность мира? Оказалось, что значение её определяется только современным значением постоянной Хаббла (H_0) и составляет ничтожную величину — около 10^{-29} г/см^3, или 10^{-5} атомных единиц массы в каждом кубическом сантиметре. При такой плотности грамм вещества содержится в кубе со стороной около 40 тыс. километров!

Определить точно постоянную Хаббла непросто. Галактики могут иметь довольно высокие случайные



Дактиль — спутник Иды.

Считается, что астероидов с диаметрами более 200 км три десятка. Почти все они наверняка известны. Малых планет с поперечниками от 80 до 200 км, вероятно, около 800. С уменьшением размеров число астероидов быстро возрастает.

Фотометрические исследования показали, что астероиды сильно различаются по степени черноты вещества, слагающего их поверхность. 52 Европа, в частности, имеет альбедо 0,03. Это соответствует тёмному веществу, по цвету похожему на сажу. Подобные тёмные астероиды условно называют углистыми (класс C). Астероиды другого класса условно именуются каменными (S), так как они, по-видимому, напоминают глубинные горные породы Земли. Альбедо S-астероидов значительно выше. К примеру, у 44 Низы оно достигает 0,38. Это самый светлый астероид. Изучение спектров отражения и поляриметрия позволили выделить ещё один класс — металлические, или M-астероиды. Вероятно, на их поверхности присутствуют выходы металла, например никелистого железа, как у некоторых метеоритов.

С помощью весьма чувствительных фотометров были исследованы периодические изменения яркости астероидов. По форме кривой блеска можно судить о периоде вращения астероида и о положении оси вращения. Периоды встречаются самые разные — от долей часа до сотен часов. Изучение кривой блеска позволяет также сделать определённые выводы о форме астероидов. Большинство из них имеет неправильную, обломочную форму. Лишь самые крупные приближаются к шару.

Характер изменения блеска некоторых астероидов даёт основание предполагать, что у них есть спутники. Некоторые из малых планет, возможно, являются близкими двойными системами или даже перекатывающимися по поверхности друг друга телами.

Но достоверные сведения об астероидах могут дать только наблюдения

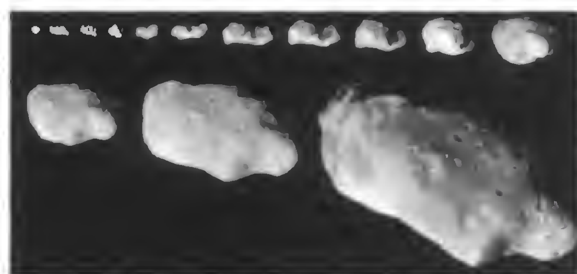
▸ Астероид Гаспра. Снимок космического аппарата «Галилео».

▸▸ Вращение Гаспры.





Вращение Иды. ▾





Участок поверхности Иды.



ли» из-за расширения Вселенной и уменьшили свою энергию примерно в 1000 раз.

После рекомбинации вещество впервые начало эволюционировать самостоятельно, независимо от излучения, и в нём стали появляться уплотнения — зародыши будущих галактик и их скоплений. Вот почему так важны для учёных эксперименты по изучению свойств реликтового излучения — его спектра и пространственных неоднородностей (флуктуаций). Их усилия не пропали даром: в начале 90-х гг. российский космический эксперимент «Реликт-2» и американский «Кобе» обнаружили очень маленькие различия температуры реликтового излучения и соседних участков неба. Величина отклонения от средней температуры (2,73 К) составляет всего около тысячной доли процента! Эти вариации температуры несут информацию об отклонении плотности вещества от среднего значения в эпоху рекомбинации. Именно вариации плотности впоследствии привели к образованию наблюдаемых во Вселенной крупномасштабных структур, скоплений галактик и отдельных галактик.

Сразу после рекомбинации ещё не было ни звёзд, ни галактик, ни других космических объектов; вещество было рассеяно во Вселенной почти равномерно. Причина, по которой из однородной среды образовались массивные тела (звёзды, планеты, галактики и т. д.) кроется в силе гравитации. Там, где плотность была чуть выше средней, сильнее было и притяжение, а значит, более плотные образования становились ещё плотнее. И наоборот, области пониженной плотности делались всё разреженнее, поскольку вещество из них уходило в более плотные области. Таким образом, изначально почти однородная среда со временем разделилась на отдельные «облака», из которых сформировались галактики.

По современным представлениям, первые галактики должны были образоваться в эпоху, которая соответствует красным смещениям $z \approx 4$—8 (напомним, что красным смещением называют изменение длины волны электромагнитного излучения по отношению к исходной длине волны). Наблюдения очень далёких галактик с большими красными смещениями подтверждают, что это наиболее молодые объекты, которые мы видим вскоре после их рождения.

ПЕРВЫЕ СЕКУНДЫ И МИНУТЫ

Итак, наблюдая реликтовое излучение, мы углубляемся в прошлое Вселенной. А есть ли шанс заглянуть ещё дальше, в эпоху, предшествовавшую рекомбинации? Ясно, что с помощью электромагнитного излучения этого сделать нельзя, ведь до рекомбинации Вселенная была непрозрачной для квантов света. Пока можно лишь предполагать, что происходило в ранней Вселенной.

Что же было в самом начале? Согласно общей теории относительности, любой вид давления порождает силу тяготения. До момента рекомбинации именно давление электромагнитного излучения в основном создавало гравитационное поле, тормозившее расширение Вселенной. На этой стадии температура изменялась обратно пропорционально квадратному корню из времени, прошедшего с начала расширения:

$$T \approx \frac{10^{10}}{\sqrt{t}}$$

(время t выражено в секундах).

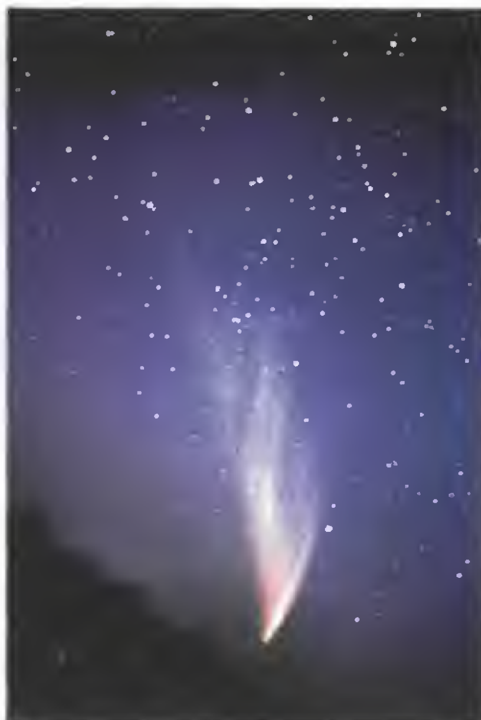
При малых значениях t температура Вселенной была столь высока, что энергии фотонов хватало для рождения пар всех известных частиц и античастиц.

Рассмотрим последовательно различные стадии расширения Вселенной. Как известно, частицы и античастицы с массой покоя m рождаются электромагнитным полем, если энергия фотонов превышает энергию покоя $2mc^2$ данного сорта частиц (c — скорость света). При $T \approx 10^{13}$ К во Вселенной рождались и гибли (*аннигилировали*) пары различных частиц и их античастиц: протоны, нейтроны, мезоны, электроны, нейтрино и др. При



Инфракрасная космическая обсерватория COBE, обнаружившая небольшие вариации реликтового излучения.





Комета Уэста 1976 г. Одна из ярких комет конца XX в.



Г. Гардер. Ландшафт с большой кометой. XIX в.

главным образом энтузиасты. Славнейшие из них — Каролина Гершель, Вильгельм Биела, Уильям Брукс, Джованни Донати, Минроу Хонда, Антонин Мркос, Уильям Бретфилд — известны каждому любителю астрономии, их имена носят открытые ими кометы. Ловцов комет можно встретить в густые вечерние сумерки, в час кометного «клёва», на западной городской окраине, когда они исследуют область потухающей зари. Всё их снаряжение — любительский телескоп или бинокль и звёздный атлас. Чтобы открыть комету, в первую очередь нужно знание созвездий и (особенно!) межзвёздных туманностей, а кроме того — терпение, везение и примерно тысяча часов поиска. Именно так Мессье открыл 14 комет, а Понс — 33. Больше него не открыл никто.

Толстовскую комету обнаружил ещё весной 1811 г. такой же «звездолов» — француз Оноре Фложерг. 26 марта, проведя очередное «прочёсывание» неба, он заметил светящееся дискообразное пятнышко со сгущением к центру и без хвоста. Именно так должна выглядеть далёкая комета. Фложерг сверился с каталогом межзвёздных туманностей, составленным Ш. Мессье: не попалась ли ему одна из них? Но в этой части неба никаких «обманок» отмечено не было. К третьему вечеру пятно заметно сместилось, и стало ясно, что открыта новая комета — далёкая и медленная. Летом, по мере приближения к Солнцу, у неё начал отрастать хвост. Особенно роскошным он стал к зиме 1811/12 гг. Не очень длинный, чуть больше Ковша Большой Медведицы, он был необыкновенно красив. Но комета уже уходила от Солнца и Земли, хвост сокращался, и она таяла в пространстве. Напоследок её видели бесхвостой туманностью уже далеко за кольцом астероидов летом 1812 г., всего за неделю до Бородинского сражения. Ещё 30 веков будет лететь она прочь от Солнца и потом вспять, чтобы засиять снова где-то около 4280 г.

Аристотель ещё в IV в. до н. э. объяснил явление кометы следующим образом: лёгкая, тёплая, «сухая пнев-



вание материальных частиц. И значит, Вселенная как целое начала быстро, взрывоподобно расширяться. Конечно, модель инфляционной Вселенной пока лишь гипотеза: даже косвенная проверка её положений требует таких приборов, которые в настоящее время просто ещё не созданы. Однако идея ускоренного расширения Вселенной на самых ранних стадиях её эволюции прочно вошла в современную космологию.

* * *

До сих пор остаётся открытым важнейший вопрос: что существовало до начала расширения Вселенной? Такая же Вселенная, как наша, но только не расширяющаяся, а сжимающаяся? Или совсем незнакомый нам мир с абсолютно иными свойствами пространства и времени? А возможно, это был мир, управляемый совершенно другими, неизвестными нам законами природы? Эти проблемы настолько сложны, что решать их придётся будущим поколениям космологов.

Подводя итог, можно сказать, что наше знание о строении и эволюции Вселенной переживает настоящую «инфляционную стадию» — время бурного роста, новых идей и важных открытий. Говоря о ранней Вселенной, мы от самых больших космических масштабов вдруг переносимся в область микромира, который описывается законами квантовой механики. Физика элементарных частиц и сверхвысоких энергий тесно переплетается в космологии с физикой гигантских астрономических систем. Самое большое и самое малое смыкаются здесь друг с другом. В этом состоит удивительная красота нашего мира, полного неожиданных взаимосвязей и глубокого единства.



РОЖДЕНИЕ ЗВЁЗД

Рождение звёзд — процесс таинственный, скрытый от наших глаз, даже вооружённых телескопом. Лишь в середине XX в. астрономы поняли, что не все звёзды родились одновременно в далёкую эпоху формирования Галактики, что и в наше время появляются молодые звёзды. В 60 — 70-е гг. была создана самая первая, ещё очень грубая теория образования звёзд. Позднее новая наблюдательная техника — инфракрасные телескопы и радиотелескопы миллиметрового диапазона — значительно расширила наши знания о зарождении и формировании звёзд. А начиналось изучение этой проблемы ещё во времена Коперника, Галилея и Ньютона.

ОТВЕТ НЬЮТОНА НА ВОПРОС МОЛОДОГО СВЯЩЕННИКА

Создав теорию всемирного тяготения, Исаак Ньютон подтолкнул многих любознательных людей к размышлениям о причинах эволюции небесных тел. Один из образованных и честолюбивых священников, доктор Ричард Бентли, стремившийся использовать научные достижения для обоснования бытия Бога, детально изучал труды Ньютона и время от времени обращался к великому физику с вопросами.

В одном из писем Бентли спросил, не может ли сила тяготения объяснить происхождение звёзд. Ньютон стал размышлять на эту тему и в ответном послании молодому священнику от 10 декабря 1692 г. изложил свой взгляд на возможность гравитационного скучивания космического вещества: «...Если бы это вещество было равномерно распределено по бесконечному пространству, оно никогда не могло бы объединиться в одну массу, но часть его сгущалась бы тут, а другая там, образуя бесконечное число огромных масс, разбросанных на огромных расстояниях друг от друга по всему этому бесконечному пространству.



комета сместилась на фоне звёзд меньше, чем Луна. А это значит...

Значит, пора исследовать движение комет.

ДВИЖЕНИЕ КОМЕТ

Настанет день, когда явится человек, который покажет, в каких частях неба блуждают кометы, почему они так отличаются от планет, и откроет их природу.

Сенека Младший.
Изыскания о природе. 63 г.

Комета 1680 г. вернула Исаака Ньютона к работе над законом тяготения. Год назад он доказал, что если некоему пробному телу придавать в поле тяготения Солнца разные начальные скорости в различных направлениях, то орбита, по которой будет дальше двигаться тело, окажется одной из четырёх форм: окружностью, эллипсом, параболой или гиперболой. Эти кривые называются коническими сечениями, потому что, рассекая конус плоскостью под разными углами, мы всегда получим одну из названных кривых. При этом если рассечь конус наобум, наверняка выйдет либо замкнутая фигура — эллипс, либо разомкнутая кривая — гипербола. Для того же чтобы получилась окружность или парабола, нужно плоскость сечения ориентировать определённым образом. Можно сказать, что окружность — это идеально круглый эллипс, а парабола — эллипс, вытянутый в бесконечность. Окружность и парабола как орбиты в чистом виде не встречаются, их используют в расчётах как приближения.

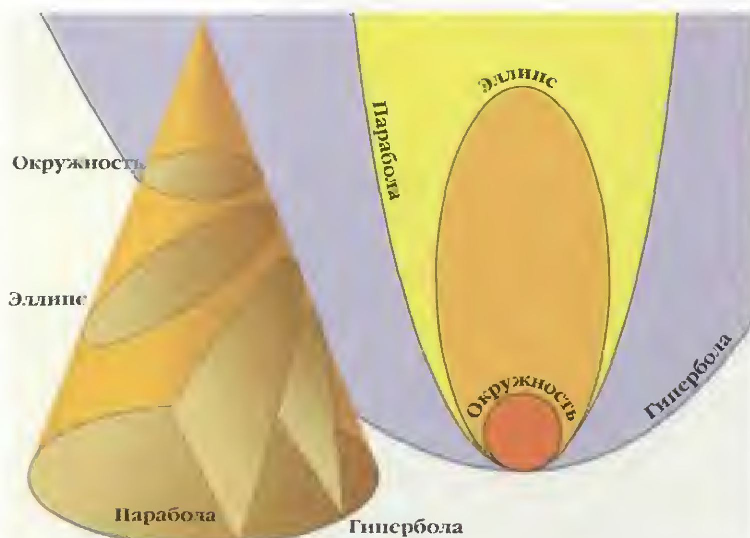
Итак, есть эллипсы — по ним движутся планеты, их спутники, может, ещё что-то. Есть гиперболы — дороги случайных встреч, орбиты «одноразового использования»: прилетело что-нибудь откуда-то из межзвёздья к Солнцу, обернулось и улетело обратно. Какие же пути выбирают кометы? Со времён Тихо Браге это оставалось загадкой.

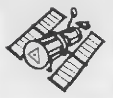
И вот в ноябре 1680 г. комета приходит как по заказу. Профессор Кембриджского университета Ньютон организует толковых студентов на утренние наблюдения. Сам по точкам вычерчивает её пространственный путь. 12 ноября комета пересекает орбиту Земли; 19 ноября — летит почти прямо на Солнце и вскоре скрывается в солнечных лучах. Теперь её ищут в лучах зари и вечером, и утром — куда пойдёт дальше? 12 декабря комета вновь засияла на утреннем небе и летит, словно отброшенная назад на 180°. Её хвост, по измерениям Ньютона, стал длиннее радиуса орбиты Земли. И пока при дворе Людовика XIV решают проблему, за кем из Бурбонов прилетела комета, Ньютон лично замеряет положение уходящей кометы: дальние точки — самые важные для надёжного построения орбиты. По точкам получалась парабола. Но в реальности это мог быть либо отрезок сильно вытянутого эллипса, либо очень крутая гипербола. Сам Ньютон склонялся к тому, что комета ушла по эллипсу, а значит, когда-то должна вернуться.

Через четыре года судьба привела в дом Ньютона Эдмунда Галлея, астронома, математика, капитана дальнего плавания и ловца комет.

— Сэр, по каким орбитам движутся кометы, если на них распространяется притяжение Солнца? — спросил Галлей.

Образование орбитальных кривых при сечении конуса плоскостью.





тение побеждает газовое давление. Тогда облако начинает сжиматься как целое, превращаясь в плотный газовый шар — звезду. Критические значения массы (M_J) и размера (R_J) облака, при которых оно теряет устойчивость и начинает неудержимо сжиматься — коллапсировать, с тех пор называют *джинсовскими*.

Однако во времена Джинса и даже гораздо позже астрономы не могли указать тот газ, из которого формируются звёзды. Пока они искали дозвёздное вещество, физики наконец поняли, почему звёзды светят. Исследования атомного ядра и открытие термоядерных реакций позволили объяснить причину длительного свечения звёзд.

НАЙДЕНЫ МОЛОДЫЕ ЗВЁЗДЫ

Оказалось, что чем массивнее звезда, тем ярче она светит и, значит, быстрее сжигает своё термоядерное горючее. Максимальный возраст массивных звёзд спектральных классов O и B составляет 10—30 млн лет. Это очень мало в сравнении с возрастом других объектов Галактики. Следовательно, эти звёзды родились совсем недавно и не могли далеко уйти от места своего рождения. Одно из таких мест — туманность Ориона — знакомо каждому любителю астрономии.

Большая туманность Ориона (M 42 по каталогу Мессье) — яркая эмиссионная, т. е. излучающая свет, туманность, видимая невооружённым глазом как бледное пятно в Мече Ориона. Она удалена от Земли на 1500 световых лет и содержит скопление очень молодых звёзд. В центральной, наиболее яркой её части находятся четыре массивные горячие звезды спектрального класса O — известная Трапеция Ориона. Мощное ультрафиолетовое излучение молодых звёзд вызывает свечение разреженного газа туманности. Но сам этот газ слишком горяч, чтобы из него могли формироваться звёзды. Поиски дозвёздного вещества продолжались.

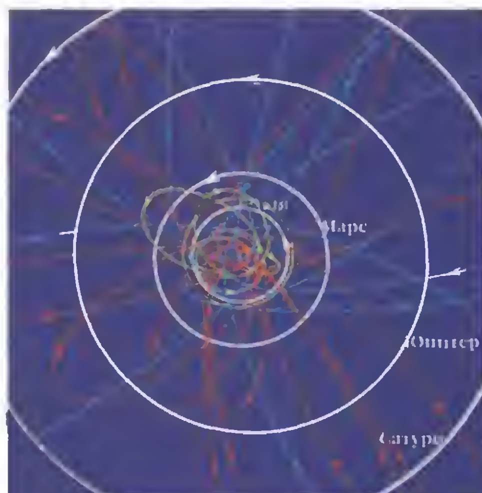


Большая туманность Ориона. Четыре яркие звезды в центре — Трапеция Ориона.

ИЗ ЧЕГО ОБРАЗУЮТСЯ ЗВЁЗДЫ?

Ещё Гершель обнаружил на фоне Млечного Пути тёмные провалы, которые он называл «дырами в небесах». В конце XIX в. на Ликской обсерватории (США) астроном Эдуард Барнард начал систематическое фотографирование неба. К 1913 г. он нашёл около 200 тёмных туманностей. По его мнению, они представляли собой облака поглощающей свет материи, а вовсе не промежутки между звёздами, как считал Гершель.

Это предположение подтвердилось. Когда рядом с облаком межзвёздного газа или внутри него нет горячей звезды, газ остаётся холодным и не светится. Если бы облако содержало только газ, его могли бы и не заметить. Но помимо газа в межзвёздной среде в небольшом количестве (около 1% по массе) есть мелкие твёрдые частицы — пылинки



Орбиты некоторых комет, спроецированные на плоскость эклиптики. Жёлтым обозначены орбиты ближайших комет (семейства Юпитера и Сатурна), красным — орбиты комет с периодом больше 20 лет, голубым — орбиты, мало отличающиеся от параболы, т. е. кометы с неопределённо большим периодом.

поведение и области обитания сильно различаются.

Орбиты планет — эллипсы, близкие к окружностям. Орбиты комет — вытянутые эллипсы, почти параболы.

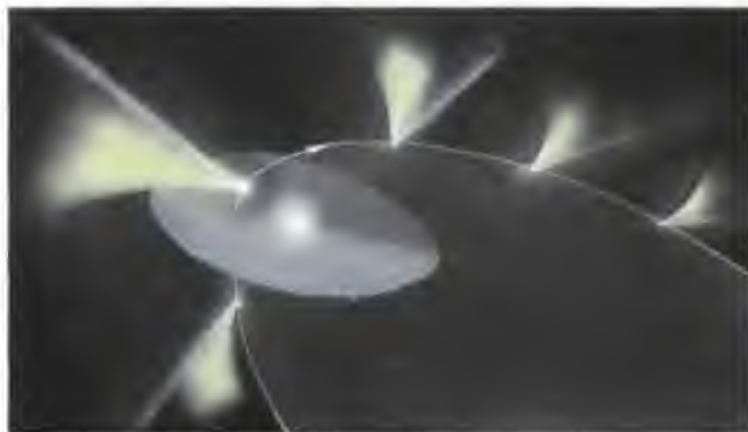
Планеты движутся в плоскости тонкого диска в одном направлении. Пути комет — это настоящий клубок орбит, ориентированных в пространстве без порядка. Кометы ходят по ним одни — против, другие — по часовой стрелке (обратное движение).

Заметим, что две столь же несхожие звёздные «народности» населяют Галактику. Одни звёзды (и Солнце в их числе) живут в галактическом диске. Другие, более древние, с несколько иным химическим составом, образуют клубок вокруг центра Галактики и снуют вглубь-наружу, туда-обратно по вытянутым эллипсам. Странное сходство, заслуживающее размышления на досуге...

Движение планет устойчиво, они не меняют заметно своих орбит. Кометы, регулярно пересекая дороги больших планет, меняют орбиты. Обычно изменения незначительны, как у кометы Галлея, но если странница пролетит мимо гиганта ближе чем в полумиллиарде километров, величина и направление её орбиты могут измениться до неузнаваемости.

Особенно сильно влияние Юпитера. Набрасывая гравитационное лассо, он «одомашнивает» кометы, переводит их на короткие орбиты — от Солнца до Юпитера и обратно. Сегодня в табуне Юпитера около сотни хвостов. По десятку комет держат Сатурн и Нептун. Три кометы пасёт Уран. Есть ещё подозрительное стадо, гуляющее до границы 50—60 а. е. Стадо есть, а пастуха нет...

Но гиганты слепы, как Полифем. Порой и собственную комету прогонит навсегда, а иногда так поддаст пробегающей мимо, что та переходит на орбиту большей дальности, а то и вовсе бежит от Солнца по гиперболе — прочь и навсегда. В Солнечной системе есть кометы, движущиеся с гиперболической скоростью, но это не пришельцы, это «наши» кометы, вынужденные навсегда покинуть солнечную родину из-за того, что кому-то перешли дорогу.



Движение кометы.



Изменение кометной орбиты под действием тяготения Юпитера. Как видно из рисунка, измениться может не только размер орбиты, но и направление движения кометы.



тиметре пространства (по меркам земных лабораторий — высочайший вакуум!) Но поскольку размер Галактики огромен, в ней набирается около 8 млрд солнечных масс межзвёздного газа, или примерно 5% от её полной массы. Межзвёздный газ более чем на 67% (по массе) состоит из водорода, на 28% из гелия, и менее 5% приходится на все остальные элементы, самые обильные среди которых — кислород, углерод и азот.

Межзвёздного газа особенно много вблизи плоскости Галактики. Почти весь он сосредоточен в слое толщиной 600 световых лет и диаметром около 30 кпк, или 100 тыс. световых лет (это диаметр галактического диска). Но и в таком тонком слое газ распределён неравномерно. Он концентрируется в спиральных рукавах Галактики, а там разбит на отдельные крупные облака протяжённостью в парсеки и даже в десятки парсек, а массой в сотни и тысячи масс Солнца. Плотность газа в них порядка 100 атомов на кубический сантиметр, температура около –200 °С. Оказалось, что критические масса и радиус Джинса при таких условиях почти совпадают с массой и радиусом самих облаков, а это значит, что они готовы к коллапсу. Но главное открытие было ещё впереди.

Астрономы подозревали, что при относительно высокой плотности и низкой температуре, царящей в межзвёздных облаках, часть вещества должна объединяться в молекулы. В этом случае важнейшая часть межзвёздной среды недоступна наблюдениям в оптическом диапазоне.

Начавшиеся в 1970 г. ультрафиолетовые наблюдения с ракет и спутников позволили открыть главную молекулу межзвёздной среды — молекулу водорода (H_2). А при наблюдении межзвёздного пространства радиотелескопами сантиметрового и миллиметрового диапазонов были обнаружены десятки других молекул, порой довольно сложных, содержащих до 13 атомов. В их числе молекулы воды, аммиака, формальдегида, этилового спирта и даже аминокислоты глицина.



Тёмные облака в Млечном Пути. Справа, в созвездии Южного Креста, — Угольный Мешок.

Как выяснилось, около половины межзвёздного газа содержится в молекулярных облаках. Их плотность в сотни раз больше, чем у облаков атомарного водорода, а температура всего на несколько градусов выше абсолютного нуля. Именно при таких условиях возникают неустойчивые к гравитационному сжатию отдельные уплотнения в облаке массой порядка массы Солнца и становится возможным формирование звёзд.



Комплекс тёмных и светлых туманностей в созвездии Змееносца.





Комета Икейя — Секи. 1965 г.

ионизуют вещество, выбивая из атомов электроны. Но от Солнца идёт не только свет, а ещё и солнечный ветер. Это поток заряженных частиц, которые разбегаются во все стороны от дневного светила и несут с собой обрывки солнечного магнитного поля. Налетая на голову кометы, ветер подхватывает магнитными полями, как сетями, ионы кометного газа и мчит их прочь от Солнца на скорости 500—1000 км/с, образуя длинный и прямой, как луч прожектора, плазменный хвост. На незаряженные частицы газа солнечный ветер не действует. Эти частицы задерживаются у ядра, пополняя голову кометы.

Наконец, из-под коричневой корки начинают бить газовые фонтаны-гейзеры. Атмосфера всё шире, голова всё больше, и вот уже заметно её холодное люминесцентное свечение. Кометный газ светится так же, как краски-люминофоры и как разреженный газ в лампах дневного света.

Даже слабый напор газа подхватывает и вздымает ввысь громадные султаны пыли. В это время для земного наблюдателя голова кометы становится ярче, потому что пылевой туман отражает больше света, чем его излучают холодные прозрачные газы. Кванты света налетают на пылинки, и хотя их давление на пыль не так энергично и эффективно, как действие солнечного ветра на «окрошку» из атомов и молекул, но свет тоже гонит пылинки прочь от Солнца. Они образуют уже другой хвост — не прямой, как меч, а изогнутый, как сабля: пыль уходит из головы медленнее, и хвост волочится за ней по орбите, изгибаясь.

Вид комет разнообразен, но, рассматривая их на фотографиях или в натуре, всегда легко заметить: у этой хвост из ионов, у этой — пылевой, а у этой оба хвоста. Есть и другие фасоны хвостов, есть даже «бороды», но обо всём не расскажешь.

Войдя внутрь орбиты Земли, комета попадает в область сильного нагрева. Теперь гейзеры газа и пыли льются непрерывными струями в сторону Солнца. Ядро может терять 30—40 т пара ежесекундно! Но самое впечатляющее — это подкорковые взрывы. Как будто рвутся глубинные мины непонятной природы. Какие же силы и каким образом вдруг испаряют на глубине объём льда в пять шестнадцатиэтажных зданий и выбрасывают огромное количество газа на 20—30 тыс. километров, откуда и ядро-то еле видно? Это главная загадка комет.

Очень близкое прохождение около Солнца грозит ядру развалом, разрывом на части, как уже не раз бывало. Но если комета благополучно миновала перигелий, она, побушевав ещё немного, «успокаивается» и застывает до очередной встречи с Солнцем.

КОМЕТА УМЕРЛА. ДА ЗДРАВСТВУЕТ КОМЕТА!

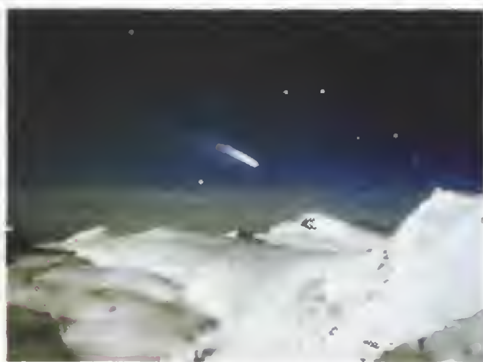
Как шелковичные черви выпусканием паутинки, так и кометы выпусканием хвоста истощаются и погибают.

И. Кеплер. Тайна Вселенной

Комета Галлея «обтаивает» на каждом витке метров на 200. Когда около 100 тыс. лет назад Нептун её захватил, это было солидное космическое тело диаметром несколько сот километров. А сейчас остался окатыш, которого едва хватит до конца III тысячелетия.

Кроме испарения кометы крошатся. Взрывы выбрасывают из ядра сколы льда, смёрзшиеся глыбы, камешки, пыль. Этот мусор продолжает летать по орбите кометы, постепенно растя-

Комета Беннета.





температура вещества возрастает примерно в 10^6 раз, а плотность — в 10^{20} раз. Колоссальные изменения всех характеристик формирующейся звезды составляют главную трудность теоретического рассмотрения её эволюции. На стадии подобных изменений исходный объект уже не облако, но ещё и не звезда. Поэтому его называют *протозвездой* (от *греч.* «протос» — «первый»).

В общих чертах эволюцию протозвезды можно разделить на три этапа, или фазы. Первый этап — обособление фрагмента облака и его уплотнение — мы уже рассмотрели. Вслед за ним наступает этап быстрого сжатия. В его начале радиус протозвезды примерно в миллион раз больше солнечного. Она совершенно непрозрачна для видимого света, но прозрачна для инфракрасного излучения с длиной волны больше 10 мкм. Излучение уносит излишки тепла, выделяющегося при сжатии, так что температура не повышается и давление газа не препятствует коллапсу. Происходит быстрое сжатие, практически свободное падение вещества к центру облака.

Однако по мере сжатия протозвезда делается всё менее прозрачной, что затрудняет выход излучения и приводит к росту температуры газа. В определённый момент протозвезда становится практически непрозрачной для собственного теплового излучения. Температура, а вместе с ней и давление газа быстро возрастают, сжатие замедляется.

Повышение температуры вызывает значительные изменения свойств вещества. При температуре в несколько тысяч градусов молекулы распадаются на отдельные атомы, а при температуре около 10 тыс. градусов атомы ионизуются, т. е. разрушаются их электронные оболочки. Эти энергоёмкие процессы на некоторое время задерживают рост температуры, но затем он возобновляется. Протозвезда быстро достигает состояния, когда сила тяжести практически уравновешена внутренним давлением газа. Но поскольку тепло всё же понемногу уходит наружу, а иных источников энергии, кроме сжатия, у протозвезды нет, она продолжает потихоньку сжиматься и температура в её недрах всё увеличивается.

Наконец температура в центре протозвезды достигает нескольких миллионов градусов и начинаются термоядерные реакции. Выделяющееся при этом тепло полностью компенсирует охлаждение протозвезды с поверхности. Сжатие прекращается. Протозвезда становится звездой.

ФАЗЫ ЭВОЛЮЦИИ ПРОТОЗВЕЗДЫ С МАССОЙ СОЛНЦА

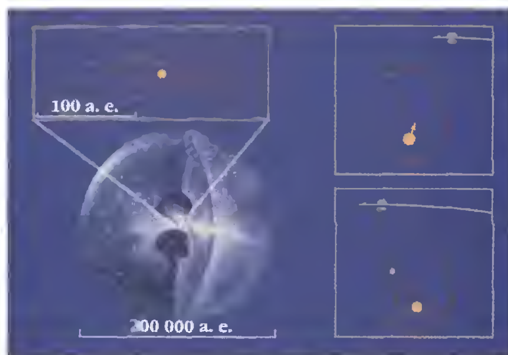
Характеристика	Фаза 1 — формирование	Фаза 2 — быстрое сжатие	Фаза 3 — медленное сжатие
Размер, м	10^{18} — 10^{15}	10^{15} — 10^{10}	10^{10} — 10^{9}
Плотность, кг/м³	10^{-19} — 10^{-16}	10^{-16} — 1	1—10^{3}
Температура, в центре, К	10	10 — 10^{6}	10^{6} - 10^{7}
Длительность, лет	10^{7}	10^{5}	$5 \cdot 10^{7}$
Наблюдение	Радиодиапазон	Инфракрасный диапазон	Оптический диапазон

«ПЕРВЫЙ КРИК» НОВОРОЖДЁННОЙ ЗВЕЗДЫ

Формирующиеся и очень молодые звёзды часто окружены газопылевой оболочкой — остатками вещества, не успевшими ещё упасть на звезду. Оболочка не выпускает изнутри звёздный свет и полностью перерабатывает его в инфракрасное излучение. Поэтому самые молодые звёзды обычно проявляют себя лишь как инфракрасные источники.

На начальном этапе жизни «поведение» звезды очень сильно зависит от её массы. Низкая светимость маломассивных звёзд позволяет им надолго задержаться на стадии медленного сжатия, «питаясь» только гравитационной энергией. За это время оболочка успевает частично осесть на звезду, а также сформировать околозвёздный газопылевой диск. Эволюция же массивной звезды протекает





Кометное облако Оорта. Слева вверху — его центральная часть. Два рисунка справа показывают, как кометное ядро может изменить свою орбиту под действием тяготения проходящей мимо звезды.



Комета Хейла — Боппа — ярчайшая в XX в. Наблюдалась весной 1997 г. По виду и расположению орбиты напоминала комету 1811 г., описанную Л. Толстым.

Наконец, хорошо изучены случаи, когда ядро разваливается на части под действием притяжения Солнца или Юпитера при значительных сближениях с ними.

Бурная жизнь комет вблизи Солнца в десятки тысяч раз короче жизни Земли или Солнечной системы. Они как мотыльки-однодневки рядом с людьми: вчера одни, а сегодня уже новые. Странный, однако, этот «мотылёк»: его вещество — древнейшее в планетной системе.

В сущности что мешает комете жить? Близость Солнца и планеты-гиганты. Значит, если льдину поместить подальше, чтобы в перигелии она не подходила к планетным орбитам, скажем, ближе чем на 50 а. е., а в афелии не забиралась в сферу притяжения соседних звёзд (200 000 а. е.), тогда комета могла бы существовать миллиарды лет.

Это далёкое царство Мороза (–270 °С), где живёт около ста миллиардов Снегурочек-невидимок, называется облаком Оорта. Они тоже солнечная семья, их тоже тянет к Солнцу, но они живут по мудрой кометной пословице: «в десять раз дальше от Солнца — в сто раз безопаснее». Только изредка возмущающее сближение какой-нибудь звезды с Солнечной системой приводит к изменению их орбит, и кого-то случай направляет прямо в солнечный жар, в планетные жернова и... в сети ловцов комет.

На облако Оорта можно взглянуть ещё и так: это музей стройматериалов, использовавшихся миллиарды лет назад при строительстве планет. Экспонаты хранятся в идеальном морозильнике, можно сказать, в вакуумной упаковке. Музей работает без выходных.

МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ

9 октября 1992 г. Америка жила ожиданием Колумбова дня: приближалась 500-я годовщина открытия Нового Света великим мореплавателем. 18-летняя Мишель Напп из маленького городка Пикскилл (штат Нью-Йорк) вечером смотрела телевизор. Вдруг она услышала громкий шум на улице. Девушка испугалась и вызвала по телефону полицию, которая уста-



десяток звёзд с общей массой около пяти масс Солнца.

Примерно половина звёзд рождаются одиночными; остальные образуют двойные, тройные и более сложные системы. Чем больше компонентов, тем реже встречаются такие системы. Известны звёзды, содержащие до семи компонентов, более сложные пока не обнаружены.

Причины появления двойных и кратных звёзд вполне понятны: исходное вращение газового облака не позволяет ему сжаться в одну компактную звезду. Чем больше сжимается облако, тем быстрее оно вращается (известный «эффект фигуристки», который является следствием закона сохранения момента количества движения). Нарастающие при сжатии центробежные силы сначала делают облако плоским, как ватрушка, а затем вытягивают в «дыню» и разрывают пополам. Каждая из половинок, сжимаясь дальше, продолжает двигаться по орбите вокруг общего центра масс. Если дальнейшее сжатие не разрывает её на части, то образуется двойная звезда, а если деление продолжается — рождается более сложная кратная система.

МОЛОДЫЕ ЗВЁЗДНЫЕ КОЛЛЕКТИВЫ

Большой интерес представляют не только индивидуальные и кратные молодые звёзды, но и их коллективы. Молодые звёзды сконцентрированы вблизи экваториальной плоскости Галактики, что совсем не удивительно: именно там находится слой межзвёздного газа. На нашем небосводе молодые звёзды большой светимости и нагретые ими газовые облака пролегли полосой Млечного Пути. Но если тёмной летней ночью внимательно посмотреть на небо, можно заметить, что в Млечном Пути выделяются отдельные «звёздные облака». Насколько они реальны и какую ступень в эволюции вещества отражают? Эти обширные группировки молодых звёзд получили название *звёздные комплексы*. Их характерные размеры — несколько сот парсек.



Рассеянное звёздное скопление Плеяды.

Исторически первыми были обнаружены и исследованы более компактные группы молодых звёзд — рассеянные скопления, подобные Плеядам. Эти сравнительно плотные группы из нескольких сот или тысяч звёзд, связанных взаимной гравитацией, успешно противостоят разрушающему влиянию гравитационного поля Галактики. Их происхождение не вызывает споров: предками таких скоплений являются плотные ядра межзвёздных молекулярных облаков. Рассеянные скопления понемногу теряют свои звёзды, но всё же живут довольно





Метеорный дождь Леониды 1833 г.

сохранность. Внешние следы других космических шрамов в значительной степени стёрты последующими геологическими процессами. Одно из крупнейших известных ныне таких образований находится на севере Сибири. Это Попигайский метеоритный кратер диаметром 100 км.

Что же представляют собой частицы твёрдого вещества, поступающие из космоса на Землю, и откуда они берутся?

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

В природе метеоров помогло разобраться одно любопытное явление.

Ужє давно люди заметили, что в отдельные ночи появлялось очень много метеоров. Это были настоящие звездопады, повергавшие очевидцев в изумление, а порой и в ужас. В ноябре 1799 г. такой звездопад наблюдал в Южной Америке известный немецкий путешественник и учёный Александр Гумбольдт. Он обратил внимание на то, что метеоры двигались по небу не как попало, а словно бы истекали из одной области на небе, т. е. обратные продолжения этих огненных стрел пересекались в одной точке. Эту точку стали именовать *радиантом* метеорного потока, а само явление — *радиацией метеоров*.

Этот звёздный дождь повторился в 1833 и в 1866 гг., причём радиант не изменил своего положения — он по-прежнему находился в созвездии Льва, отчего и весь метеорный поток получил название Леониды. Любопытно, что повторялся он в то же время года, что и в 1799 г. — в середине ноября.

Другие метеорные потоки не дают такого колоссального количества метеоров, как звёздные дожди Леонид, зато повторяются они каждый год. Например, в августе действует метеорный поток Персеиды, радиант которого находится в созвездии Персея.

Что же заставляет метеоры потока двигаться по небу таким образом?

Дело в том, что явление радиации метеоров кажущееся. Принадлежащие одному потоку частицы летят в атмосфере по параллельным траекториям, а в перспективе мы видим их как бы исходящими из одной точки. Точно так же сходятся к горизонту железнодорожные рельсы, если смотреть вдоль них. Параллельность путей метеоров потока и установленное позже равенство их скоростей позволили считать, что все они движутся в Солнечной системе по весьма близким орбитам. В 1862 г. итальянский астроном Джованни Скиапарелли установил, что орбита



▸ Гравюра Альбрехта Дюрера, изображающая Апокалипсис. Ниспадающие с неба звёзды как бы истекают из одного центра.



▸▸ Радиант метеорного дождя Дракониды 1947 г.



создаются пригодные для них условия). Из наблюдений астрономы знают и скорость потери энергии звездой — её светимость (L). Для Солнца эта величина равна $4 \cdot 10^{26}$ Вт.

Учитывая, что масса ядра звезды пропорциональна её полной массе (М), путём расчётов получаем приблизительное соотношение: продолжительность превращения водорода в гелий равна 10 M/L млрд лет, где масса М и светимость L звезды выражены в массах и светимостях Солнца. Для звёзд с массой, близкой к солнечной, $L = M^4$ (это следует из наблюдений). Отсюда находим, что время их жизни $10/M^3$ млрд лет.

Теперь ясно, что звёзды с массой больше солнечной живут гораздо меньше Солнца, а время жизни самых массивных звёзд составляет «всего» несколько миллионов лет! Для подавляющего же большинства звёзд время жизни сравнимо или даже превышает возраст Вселенной (около 15 млрд лет).

Теперь мы подошли к основному вопросу: во что превращаются звёзды в конце жизни и как проявляют себя их остатки? Звёзды разной массы приходят в итоге к одному из трёх состояний: белые карлики, нейтронные звёзды или чёрные дыры.

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ, ИЛИ БУДУЩЕЕ СОЛНЦА

После «выгорания» термоядерного топлива в звезде, масса которой сравнима с массой Солнца, в центральной её части (ядре) плотность вещества становится настолько высокой, что свойства газа кардинально меняются. Подобный газ называется вырожденным, а звёзды, из него состоящие, — вырожденными звёздами (см. статью «Белые карлики»).

После образования вырожденного ядра термоядерное горение продолжается в источнике вокруг него, имеющем форму шарового слоя. При этом звезда переходит в область красных гигантов на диаграмме Герцшпрунга — Ресселла. Оболочка красного гиганта достигает колоссальных размеров — в сотни радиусов Солнца — и за время порядка 10—100 тыс. лет рассеивается в пространство. Сброшенная оболочка иногда видна как планетарная туманность. Оставшееся горячее ядро постепенно остывает и превращается в белый карлик, в котором силам гравитации противостоит давление вырожденного электронного газа, обеспечивая тем самым устойчивость звезды. При массе около солнечной радиус белого карлика составляет всего несколько тысяч километров. Средняя плотность вещества в нём часто превышает 10^9 кг/м^3 (тонну на кубический сантиметр!).

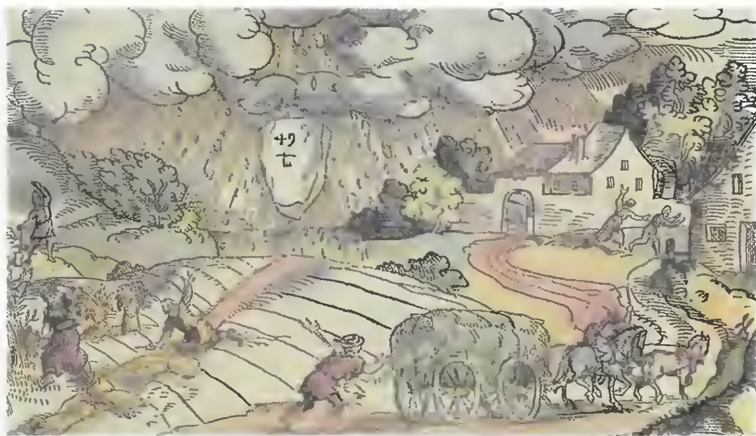
Ядерные реакции внутри белого карлика не идут, а свечение происходит за счёт медленного остывания. Основной запас тепловой энергии белого карлика содержится в колебательных движениях ионов, которые при температуре ниже 15 тыс. кельвинов образуют кристаллическую решётку. Образно говоря, белые карлики — это гигантские горячие кристаллы. Постепенно температура поверхности белого карлика уменьшается и звезда перестаёт быть белой (по цвету) — это скорее уже бурый или коричневый карлик.

Масса белых карликов не может превышать некоторого значения — это так называемый *предел Чандрасекара* (по имени американского



Белый карлик в центре планетарной туманности Гантель.





Старинная гравюра, изображающая падение метеорита Нидеррайзен. Германия. 1581 г.

СИХОТЭ-АЛИНСКИЙ МЕТЕОРИТНЫЙ ДОЖДЬ

12 февраля 1947 г. на Дальнем Востоке, в западных отрогах Сихотэ-Алинского хребта, в уссурийскую тайгу упало около 100 т космического вещества. Эта масса состояла из смеси железоникелевых кристаллов разного размера, не очень прочно сцепленных между собой. В воздухе она распалась на тысячи кусков, и на землю обрушился настоящий железный дождь. Наиболее крупные обломки весили по несколько тонн. Достигнув земли с большой скоростью, они ударились о грунт и образовали более 100 кратеров и воронок. Самый большой кратер имел диаметр 26,5 м и глубину 6 м. При ударе эти глыбы ещё раз разбились на сильно деформированные осколки. Более мелкие продукты атмосферного дробления полностью потеряли в воздухе свою космическую скорость и упали на снег в виде оплавленных синеватых кусков металла, сохраняя все особенности своей структуры. Их до сих пор находят неглубоко в почве в районе падения.



П. Медведев. Падение Сихотэ-Алинского метеорита.



Образцы Сихотэ-Алинского железного метеорита до сих пор находят в уссурийской тайге. Поверхность каждого индивидуального образца покрыта регмаглиптовым рельефом, который образовался при движении в атмосфере с огромной скоростью.

тел, обломки которых могли бы попадать на Землю. Например, первые астероиды — малые планеты — были открыты только в начале XIX в.

Первая научная работа, утверждавшая космическое происхождение метеоритов, появилась в 1794 г. Её автор, чешский физик Эрнст Хладни, сумел дать единое объяснение трём загадочным явлениям: пролётам по небу огненных шаров, падениям на Землю оплавленных кусков железа и камня после пролётов и находкам странных оплавленных железных глыб в разных местах Земли. Согласно Хладни, всё это связано с поступлением на Землю космического вещества.

Кстати сказать, одной из таких необычных железных глыб была многопудовая «крица», вывезенная российским академиком Петром Симоном Палласом из Сибири и положившая начало национальной коллекции метеоритов России. Эта железная глыба со включёнными в неё зёрнами минерала оливина получила имя «Палласово железо» и впоследствии дала название целому классу железокаменных метеоритов — *палласиты*.

Этот метеорит никто не наблюдал при падении. Его космическая природа установлена на основании изучения вещества. Такие метеориты называют *находками*, и они составляют около половины мировой коллекции метеоритов. Другая половина — *падения*, «свежие» метеориты, поднятые вскоре после того, как они упали на Землю. К ним относится метеорит Пикскилл, с которого начался наш рассказ о космических пришельцах. Падения имеют для специалистов больший интерес, чем находки: о них можно собрать некоторую астрономическую информацию, а вещество их не изменено земными факторами.

Метеоритам принято давать имена по географическим названиям мест, соседствующих с местом падения или находки. Чаще всего это название ближайшего населённого пункта (например, Пикскилл), но выдающимся метеоритам присваивают более общие имена. Два самых крупных падения XX в. произошли на территории России: Тунгусское и Сихотэ-Алинское.



ЧЁРНЫЕ ДЫРЫ

Термин «чёрная дыра» был весьма удачно введён в науку американским физиком Джоном Уилером в 1968 г. для обозначения сколлапсировавшей звезды. Как известно, для того чтобы преодолеть силу притяжения небесного тела с массой M и радиусом R, частица на поверхности должна приобрести вторую космическую скорость $v_{II} = \sqrt{2GM/R}$, где G — постоянная тяготения Ньютона. Если при постоянной массе радиус уменьшается, то эта скорость возрастает и может достичь скорости света (c) — предельной скорости для любых физических объектов, когда радиус тела становится равным $2GM/c^2$. Это так называемый гравитационный радиус — R_g. Поскольку информация может передаваться не более чем со скоростью света, коллапсирующее тело, как говорят, уходит за горизонт событий для далёкого наблюдателя.

На достаточно больших расстояниях чёрная дыра проявляет себя как обычное гравитирующее тело той же массы. Поверхности в традиционном понимании у чёрных дыр быть не может. Удивительно, но самые «экзотические» с точки зрения образования и физических проявлений космические объекты — чёрные дыры — устроены гораздо проще, чем обычные звёзды или планеты. У них нет химического состава, их строение не связано с различными типами взаимодействия вещества — они описываются только уравнениями гравитации Эйнштейна. Кроме массы чёрная дыра может ещё характеризоваться моментом количества движения и электрическим зарядом.

Но если чёрные дыры не светят, то как же можно судить о реальности этих объектов во Вселенной? Единственный путь — наблюдать воздействие их гравитационного поля на другие тела.

Имеются косвенные доказательства существования чёрных дыр более чем в 10 тесных двойных рентгеновских звёздах. В пользу этого говорят, во-первых, отсутствие известных проявлений твёрдой поверхности, характерных для рентгеновского пульсара или рентгеновского барстера (например, периодических импульсов в излучении), и, во вторых, большая масса невидимого компонента двойной системы (больше трёх масс Солнца).

ТРИ ГЕНИАЛЬНЫХ ПРОЗРЕНИЯ ПЬЕРА ЛАПЛАСА НА ОДНОЙ СТРАНИЧКЕ

... Другие звёзды появлялись совершенно внезапно и затем через несколько месяцев исчезали. Примером этого может служить звезда, которую Тихо Браге наблюдал в 1572 г. в созвездии Кассиопеи. Она быстро превзошла своим сиянием самые яркие звёзды и даже Юпитер — её можно было видеть в дневные часы. Затем свет её пошёл на убыль, и через 16 месяцев после её открытия она исчезла. Её цвет сильно менялся — сперва он был ослепительно белый, затем красновато-жёлтый и наконец свинцово-белый, как Сатурн. Какие же поразительные перемены должны были происходить на этих огромных телах, чтобы они могли наблюдаться из такой дали! Подумайте, насколько они должны превосходить всё, что мы видим на поверхности Солнца, и как убедительно они доказывают, что природа не повсюду и не всегда остаётся одной и той же. Все подобные звёзды, которые позже вновь становились невидимыми, за то время, пока мы могли их наблюдать, оставались на том же самом месте; итак, в пространстве существуют огромные тела, возможно столь же многочисленные, как и звёзды.

Светящееся небесное тело, обладающее плотностью, равной плотности Земли, и диаметром, в двести пятьдесят раз превосходящим диаметр Солнца, из-за силы своего притяжения не даст своему свету достигнуть нас. Таким образом, возможно, что самые большие светящиеся тела во Вселенной именно по причине своей величины остаются невидимыми.

(Пьер Симон Лаплас. Изложение системы мира. 1796 г.)

Лаплас сумел заглянуть вперёд, обогнав ход науки на 170 лет.

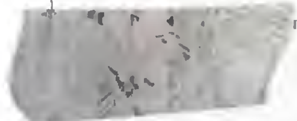
1. Оценивая грандиозную мощность вспышки звезды Тихо Браге (а такие взрывы в конце жизни массивной звезды мы называем вспышкой сверхновой), Лаплас осознал незаурядность и важность тех процессов и перемен, которые происходят в это время со звездой.

2. Основываясь только на законе тяготения Ньютона, Лаплас приходит к открытию того, что тела с огромной массой и повышенной плотностью не позволяют световому излучению покидать их поверхность. Это предвидение чёрных дыр. Однако реальные характеристики чёрных дыр отличны от лапласовских, так как они определяются теорией относительности Эйнштейна, уточняющей теорию Ньютона.

3. Чёрные дыры действительно рождаются при вспышках сверхновых звёзд!

Но все три прозрения Лапласа в его время не могли быть убедительно обоснованы из-за недостаточных экспериментальных, физических и астрономических знаний, а потому не могли быть приняты.





Внутреннее строение железного метеорита. Такую картину размещения железоникелевых кристаллов называют видманштеттеновыми фигурами. Она характерна только для метеоритов.



Каменный метеорит. Он весь покрыт чёрной корой плавления — расплавленным от трения о воздух и потом застывшим веществом.



Внутреннее строение каменного метеорита. В нём много включений металла. Мелкие округлые зёрна называются хондрами.



Железокаменный метеорит представляет собой железоникелевую массу с вкраплениями силикатного минерала оливина.

ВЕЩЕСТВО МЕТЕОРИТОВ

Метеориты делятся на три больших класса: железные, каменные и железокаменные.

Железные метеориты состоят в основном из никелистого железа. В земных горных породах естественный сплав железа с никелем не встречается, так что присутствие никеля в кусках железа указывает на его космическое (или промышленное!) происхождение.

Включения никелистого железа есть в большинстве *каменных* метеоритов, поэтому космические камни, как правило, тяжелее земных. Главные же их минералы — силикаты (оливины и пироксены). Характерным признаком основного типа каменных метеоритов — *хондритов* — является наличие внутри них округлых образований — хондр. Хондры состоят из того же вещества, что и весь остальной метеорит, но выделяются на его срезе в виде отдельных зёрнышек. Их происхождение пока не вполне ясно.

Третий класс — *железокаменные* метеориты — это куски никелистого железа с вкраплениями зёрен каменистых минералов.

Вообще метеориты состоят из тех же элементов, что и земные горные породы, но сочетания этих элементов, т. е. минералы, могут быть и такими, какие на Земле не встречаются. Это связано с особенностями образования тел, породивших метеориты.

Среди падений преобладают каменные метеориты. Значит, таких кусков больше летает в космосе. Что касается находок, то здесь преобладают железные метеориты: они прочнее, лучше сохраняются в земных условиях, резче выделяются на фоне земных горных пород.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ И ИХ НАУЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Метеориты являются осколками малых планет — астероидов (см. статью «Астероиды»), которые населяют в основном зону между орбитами Марса и Юпитера. Астероидов много, они сталкиваются, дробятся, изменяют орбиты друг друга, так что некоторые осколки при своём движении иногда пересекают орбиту Земли. Эти осколки и дают метеориты.

Организовать инструментальные наблюдения падений метеоритов, с помощью которых можно с удовлетворительной точностью вычислить их орбиты, очень трудно: само явление очень редкое и непредсказуемое. В нескольких случаях это удалось сделать, и все орбиты оказались типично астероидными.

Интерес астрономов к метеоритам был вызван в первую очередь тем, что долгое время они оставались единственными образцами внеземного вещества. Но и сегодня, когда вещество других планет и их спутников становится доступным лабораторному исследованию, метеориты не потеряли своего значения. Вещество, составляющее крупные тела Солнечной системы, подверглось длительному преобразованию: оно плавилось, разделялось на фракции, вновь застывало, образуя минералы, не имеющие уже ничего общего с тем веществом, из которого всё образовалось. Метеориты же являются обломками мелких тел, которые такой сложной истории не прошли. Один из типов метеоритов — углистые хондриты — вообще представляет собой слабоизменённое первичное вещество Солнечной системы. Изучая его, специалисты узнают, из чего образовались крупные тела Солнечной системы, в том числе и наша планета Земля.

СБОР МЕТЕОРИТОВ И НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ

Редкость и непредсказуемость появления метеоритного вещества на Земле вызывают проблемы при его сборе. До сих пор метеоритные коллекции обогащаются в первую очередь за счёт образцов, собранных случайными очевидцами падений или просто любознательными людьми, обратившими



этом на долю Солнца приходится лишь 2% общего момента количества движения, а остальные 98% заключены в орбитальном вращении планет.

Вплотную этими проблемами наука занялась лишь во второй половине XX в. Почти до конца 80-х гг. раннюю историю нашей планетной системы приходилось «воссоздавать» лишь на основе данных о ней самой. И только к 90-м гг. стали доступны для наблюдений невидимые ранее объекты — газопылевые диски, вращающиеся вокруг некоторых молодых звёзд, сходных с Солнцем.

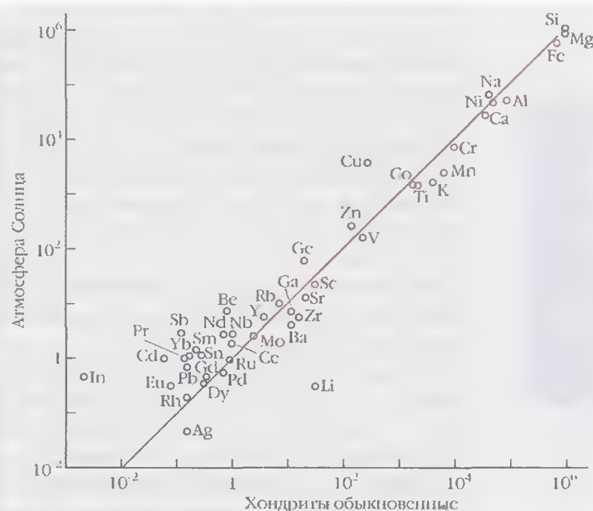
Газопылевую туманность, в которой возникли планеты, их спутники, мелкие твёрдые тела — метеороиды, астероиды и кометы, называют *протопланетным* (или *допланетным*) *облаком*. Планеты вращаются вокруг Солнца почти в одной плоскости, а значит, и само газопылевое облако имело уплощённую, чечевицеобразную форму, поэтому его называют ещё диском. Учёные полагают, что и Солнце, и диск образовались из одной и той же вращающейся массы межзвёздного газа — *протосолнечной туманности*.

Начальная фаза протосолнечной туманности — предмет исследования астрофизики и звёздной космогонии. Изучение же её эволюции, приведшей к появлению планет, — центральная задача космогонии планетной.

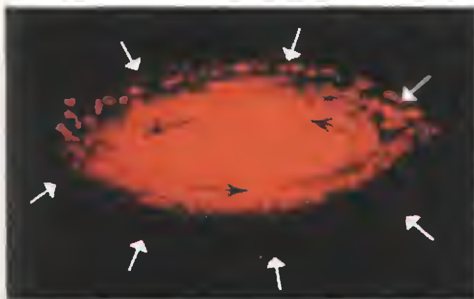
Возраст Солнца насчитывает чуть меньше 5 млрд лет. Возраст древнейших метеоритов почти такой же: 4,5—4,6 млрд лет. Столь же стары и рано затвердевшие части лунной коры. Поэтому принято считать, что Земля и другие планеты сформировались 4,6 млрд лет назад. Солнце относится к звёздам так называемого второго поколения Галактики. Самые старые её звёзды значительно (на 8—10 млрд лет) старше Солнечной системы. В Галактике есть и молодые звёзды, которым всего 100 тыс. — 100 млн лет (для звезды это совсем юный возраст). Многие из них похожи на Солнце, и по ним можно судить о начальном состоянии нашей системы. Наблюдая несколько десятков подобных объектов, учёные пришли к следующим выводам.

Размер допланетного облака Солнечной системы должен был превышать радиус орбиты последней планеты — Плутона. Химический состав молодого Солнца и окружавшего его газопылевого облака-диска, по-видимому, был одинаков. Общее содержание водорода и гелия достигало в нём 98%. На долю всех остальных, более тяжёлых элементов приходилось лишь 2%; среди них преобладали летучие соединения, включающие углерод, азот и кислород: метан, аммиак, вода, углекислота.

Расчёты показывают, что в пределах орбиты Плутона, т. е. диска радиусом 40 а. е., общая масса всех планет вместе с утерянными к настоящему времени летучими веществами должна была составлять 3—5% от массы Солнца. Такую модель облака называют облаком *умеренно малой массы*,



Сравнительное содержание нелетучих элементов на Солнце и в метеоритах-хондритах. Приблизительное совпадение говорит о том, что вся Солнечная система образовалась из единого газопылевого комплекса.

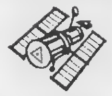


◂ Сжатие и вращение газопылевого диска.



ВСЕЛЕННАЯ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ







◂ Углистый хондрит — представитель типа метеоритов, состав которых близок к составу протопланетного облака.

граница конденсации водяного льда должна была проходить за ними, не ближе внешнего края пояса астероидов — в три с лишним раза дальше от Солнца, чем Земля.

В то же время крупнейшие спутники Юпитера — Ганимед и Каллисто — наполовину состоят из воды. Они находятся на гораздо большем расстоянии от Солнца, чем пояс астероидов. Значит, водяной лёд конденсировался во всей зоне образования Юпитера. Начиная с орбиты Юпитера и дальше в допланетном облаке должны были преобладать ледяные пылинки с вкраплениями более тугоплавких веществ. В области внешних планет, при ещё более низкой температуре, в составе пылинок оказались льды метана, аммиака, твёрдая углекислота и другие замёрзшие летучие соединения. Подобный состав в настоящее время имеют кометные ядра, залетающие в окрестности Земли с далёкой периферии Солнечной системы.

Первые конденсаты — пылинки, льдинки — сразу после своего появления начинали двигаться сквозь газ к центральной плоскости облака. Чем крупнее были частицы, тем быстрее они оседали, так как при своём движении более крупные частицы (в отличие от мелких) встречают меньшее сопротивление газа на единицу их массы.

На **втором этапе** завершалось образование тонкого пылевого слоя — *пылевого субдиска* — в центральной плоскости облака. Расслоение облака сопровождалось увеличением размеров частиц до нескольких сантиметров. Сталкиваясь друг с другом, частицы слипались, при этом скорость их движения к центральной плоскости увеличивалась и рост тоже ускорялся.

В некоторый момент плотность пыли в субдиске приблизилась к критическому значению, превысив плотность газа уже в десятки раз. При достижении критической плотности пылевой слой делается гравитационно неустойчивым. Даже очень слабые уплотнения, случайно возникающие в нём, не рассеиваются, а, наоборот, со временем сгущаются. Сначала в нём могла образоваться система колец, которые, уплотняясь, также теряли свою устойчивость и на **третьем этапе** эволюции диска распадались на множество отдельных мелких сгустков.

Из-за вращения, унаследованного от вращающегося диска, эти сгустки не могут сразу сжаться до плотности твёрдых тел. Но, сталкиваясь друг с другом, они объединяются и всё более уплотняются. На **четвёртом этапе** образуется рой допланетных тел размером около километра; первоначальное число их достигает многих миллионов.

Описанный путь образования тел возможен, если пылевой субдиск очень плоский: его толщина должна быть во много раз меньше диаметра. Такие объекты существуют и ныне, например кольца Сатурна.

Другой путь формирования допланетных тел помимо гравитационной конденсации — это их прямой рост при столкновениях мелких частиц. Они могут слипаться лишь при небольших скоростях соударений, при достаточно разрыхлённой поверхности контакта или в случае повышенной силы сцепления.

Такие тела, каким бы из двух путей они ни возникли, послужили строительным материалом для формирования планет, спутников и метеорных тел.

Учёные предполагают, что допланетные тела, образовавшиеся на периферии облака при очень низкой температуре, сохранились до сих пор в кометном облаке, куда они были заброшены гравитационными возмущениями планет-гигантов.







ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ

Астрономические тела обладают тенденцией группироваться в системы. Звёзды могут образовывать пары, входить в состав звёздных скоплений или ассоциаций. Крупнейшими объединениями звёзд являются галактики. Но и они редко наблюдаются одиночными. Более 90% ярких галактик входят либо в небольшие группы, содержащие лишь несколько крупных членов (такова, например, Местная группа галактик), либо в скопления, в которых их насчитываются многие тысячи.



Пространственное расположение галактик, входящих в Местную группу. Рисунок.

В окрестностях нашей Галактики, в пределах полутора мегапарсек от неё, расположены ещё около 40 галактик, которые образуют Местную группу. Лишь некоторые из них можно считать нормальными галактиками. Это наша Галактика, туманность Андромеды, туманность Треугольника (все они спиральные), а также несколько неправильных галактик. Светимость и размеры большинства остальных звёздных систем значительно меньше. По своей массе они столь же меньше нормальных галак-



нет земной группы внешние воздействия были слабы, лишь в зоне Марса сказалось влияние Юпитера, замедлявшее его рост и уменьшавшее массу. В поясе астероидов, наоборот, явно прослеживается возмущающее влияние соседней планеты-гиганта Юпитера. Стадия объединения планетезималей в планеты и их роста длилась более 100 млн лет.

Период *диссипации* (рассеяния) газа из зоны земных планет продолжался не более 10 млн лет. В основном газ выдувался солнечным ветром, т. е. потоками заряженных частиц (протонов и электронов), выбрасываемых с поверхности Солнца со скоростями сотни километров в секунду.

Солнечный ветер очистил от газа не только область планет земной группы, но и более отдалённые пространства планетной системы. Однако планеты-гиганты Юпитер и Сатурн уже успели вобрать в себя огромное количество вещества, подавляющую часть массы всей планетной системы.

Как же формировались планеты-гиганты? Их зародыши могли возникать двумя путями: через гравитационную неустойчивость газовых масс допланетного диска или путём нарастающего захвата газовой атмосферы на массивном ядре из планетезималей.

В первом случае масса допланетного облака должна была составлять значительную долю массы Солнца, а состав планет-гигантов должен совпадать с солнечным. Ни то ни другое не соответствует фактам. Исследования последних лет показали, что в ядрах Юпитера и Сатурна, по-видимому, присутствуют элементы тяжелее водорода и гелия, составляющие по меньшей мере 5—6% массы планеты. Это существенно больше, чем можно было бы ожидать при солнечном содержании химических элементов. Значит, более вероятен второй путь: сначала, как и у планет земной группы, образуется массивное ядро-зародыш из каменистых и ледяных планетезималей, а затем оно наращивает водородно-гелиевую оболочку.

Процесс присоединения вещества называют *аккрецией*. Начиная с одной-двух масс Земли, тело может не только удерживать газовую атмосферу на поверхности, но и в ускоряющемся темпе захватывать новые порции газа, если на пути его движения имеется газовая среда. Аккреция прекращается лишь тогда, когда газ полностью исчерпан. Продолжительность этого процесса намного короче, чем стадия образования ядра-зародыша. По расчётам учёных, рост ядра Юпитера длился десятки, а ядра Сатурна — сотни миллионов лет.

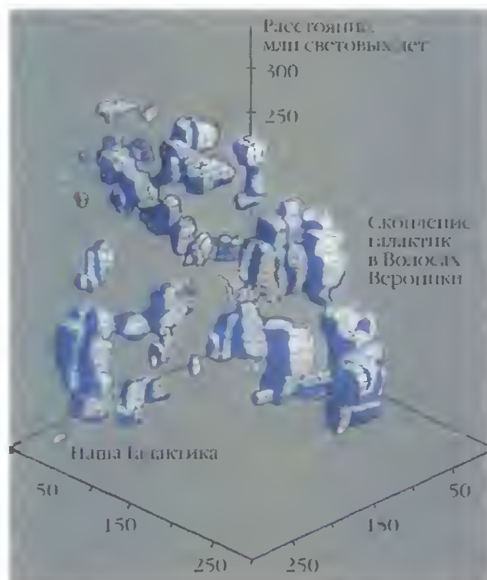


Различие условий формирования двух групп планет. С удалением от Солнца растёт непрозрачность газопылевого диска и падает температура.

Пока ядро, погружённое в газ, невелико, оно присоединяет лишь небольшую атмосферу, находящуюся в равновесии. Но при некоторой критической массе (2—3 массы Земли) газ начинает в возрастающем темпе выпадать на тело, сильно увеличивая его массу. На стадии быстрой аккреции всего за несколько сот лет Юпитер вырос до массы, превышающей 50 масс Земли, поглотив газ из сферы своего гравитационного влияния. Затем скорость аккреции упала, так как газ мог поступать к планете лишь путём медленной диффузии из более широкой зоны диска.

Одновременно Юпитер продолжал расти за счёт твёрдых планетезималей, а те, что не были им поглощены, могли быть отброшены его тяготением либо внутрь, в зону астероидов и зону Марса, либо прочь из Солнечной системы. Юпитер сообщал твёрдым телам скорости больше скорости освобождения: для того чтобы покинуть Солнечную систему с орбиты Юпитера, достаточно скорости всего 18 км/с, а тело, пролетающее от Юпитера на расстоянии нескольких его радиусов, разгоняется до десятков километров в секунду.





Ячеистая структура Вселенной. Галактики и их скопления располагаются по некоторым поверхностям, охватывающим полости.

Пространство между галактиками заполнено газом, который разогрет до температуры более 10 млн кельвинов и излучает преимущественно в рентгеновском диапазоне. Концентрация его мала — в среднем один атом водорода на кубический дециметр, но общий объём огромен, поэтому полная масса газа сопоставима с суммарной массой всех галактик скопления. Охлаждаясь, газ может струями падать к центру скопления. Значительная часть межгалактического газа скоплений была выброшена миллиарды лет назад из молодых тогда галактик, в которых шло бурное звёздообразование.

Карта небесной сферы, на которую нанесены галактики. Распределение их, несмотря на отдельные локальные сгущения, в больших масштабах равномерное.

Чтобы газ столь высокой температуры не покидал скопление, его должна удерживать большая сила тяготения. Но если она достаточно велика, значит, велика и масса, её создающая, т. е. масса скопления. Оценки массы отдельных галактик показывают, что их суммарное гравитационное поле не может удержать такой горячий газ. Поэтому необходимо предположить, что существует невидимая для нас так называемая скрытая масса (см. статью «Что такое скрытая масса»). С той же проблемой учёные столкнулись и при объяснении устойчивости самих скоплений. Скорости движения галактик внутри них так высоки, что без присутствия скрытой массы они просто разлетелись бы в разные стороны.

Скопления галактик, по-видимому, самые крупные устойчивые системы во Вселенной. Существуют и более протяжённые образования: цепочки из скоплений или гигантские плоские поля, усеянные галактиками и скоплениями (так называемые «стенки»). Но гравитация не удерживает эти системы, и они вместе со всей Вселенной медленно расширяются.

Области повышенной концентрации галактик и их систем чередуются в пространстве с обширными пустотами размерами в сотни миллионов световых лет, которые почти не содержат галактик. Такова крупномасштабная структура Вселенной. Её ячеистый характер отражает картину распределения вещества во Вселенной более 10 млрд лет назад, когда галактик ещё не существовало.

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ

Звёздное небо над головой долгое время было для человека символом вечности и неизменности. Лишь в Новое время люди осознали, что «неподвижные» звёзды на самом деле движутся, причём с огромными скоростями. В XX в. человечество свыклось с ещё более странным фактом: расстояния между звёздными системами — галактиками, не связанными друг с другом силами тяготения, постоянно увеличиваются. И дело здесь не в природе галактик: сама Вселенная непрерывно расширяется! Естествознанию пришлось расстаться с одним из своих основополагающих принципов: все вещи меняются в этом мире, но мир в целом всегда одинаков.



ния от Солнца убывает. Как же объяснить преимущество Юпитера?

Учёные доказали, что в пределах зоны астероидов летучие вещества присутствовали в газообразном состоянии, тогда как на расстоянии Юпитера проходила граница конденсации паров воды. Это привело к тому, что рост допланетных тел в зоне Юпитера ускорился: гравитационная

КАК ПОЯВИЛИСЬ СПУТНИКИ ПЛАНЕТ

В современной планетной космогонии формирование спутников мыслится как сопутствующий процесс. О. Ю. Шмидт писал: «При образовании планет, в процессе сближения частиц с крупными зародышами планет, некоторые из частиц, сталкиваясь, настолько теряли скорость, что выпадали из общего роя и начинали обращаться вокруг планеты. Таким образом, около планетного зародыша образуется сгущение — рой частиц, обращающихся около него по эллиптическим орбитам. Эти частицы также сталкиваются, изменяют свои орбиты. В уменьшенном масштабе в этих роях будут происходить те же процессы, что и при образовании планет. Большинство частиц упадёт на планету (присоединится к ней), часть же их будет образовывать околопланетный рой и объединяться в самостоятельные зародыши — будущие спутники планет...».

Развитие этой идеи показало, что появление околопланетных роёв во время образования планет неизбежно, вопрос лишь в том, сколько массы может быть захвачено той или иной планетой (чем крупнее планета, тем больше) и сколько спутников уцелеет в дальнейшем.

Важную роль в эволюции спутниковых систем играет приливное трение. Солнечные приливы затормозили вращение близких к Солнцу планет — Меркурия и Венеры, а они в свою очередь воздействовали на имевшиеся у них в прошлом спутники, замедляя их обращение. Спутники должны были постепенно приблизиться к планетам и упасть на их поверхность. Луна же, наоборот, из-за быстрого вращения Земли постепенно удаляется от нашей планеты вследствие приливного трения.

Сама Луна могла образоваться лишь из массивного околоземного роя. Спутники Марса очень малы и по своим свойствам напоминают астероиды. Не исключено, что они — продукт столкновений тел астероидного пояса, залетевших в зону Марса. Следовательно, спутники планет земной группы столь различны, что для понимания их образования нужен индивидуальный подход. Спутники планет-гигантов, напротив, многочисленны и дают богатый материал для проверки общих космогонических идей.

Согласно схеме Шмидта, необходимо учитывать также присутствие газа, преобладавшего над твёрдым веществом в зоне образования планет-гигантов и их спутников. Вместо околопланетных роёв из твёрдых частиц вокруг планет должны были образовываться газопылевые аккреционные диски, в которых спутники формировались из пылевых субдисков. Газовая составляющая в них не вошла, поскольку массы спутников слишком малы, чтобы началось присоединение газа.

Аккумуляция спутников из околопланетных дисков повторяла многие черты образования планет: движение почти в одной плоскости, совпадающей с экватором материнской планеты, и в одном направлении; закономерно увеличивающиеся интервалы между орбитами по мере удаления от планеты. В системе Юпитера явно прослеживается раннее прогревание диска, обеспечивающее каменистый состав ближних спутников — Амальтеи, Ио, Европы. Это позволяет сравнивать растущий Юпитер с «маленьким Солнцем».

Однако аналогия спутниковых систем и планетной системы не может быть полной, так как все процессы вблизи планет во многом зависят ещё и от Солнца. Размеры спутниковых систем в десятки и сотни раз меньше расстояний между планетами, соответственно длительность процессов в них намного короче. Некоторые близкие спутники Сатурна (Мимас, Энцелад и др.) за время формирования системы могли успеть вырасти, разрушиться при бомбардировке допланетными телами и вновь аккумулироваться на своих орбитах. Отдалённые спутники, которые обычно обращаются по вытянутым и сильно наклонённым или даже обратным орбитам, находятся под влиянием столь сильных гравитационных возмущений Солнца, что их орбиты меняют свои параметры буквально при каждом обороте вокруг планеты. Эти спутники в отличие от регулярных, образовавшихся в дисках, могли быть захвачены планетами-гигантами при столкновениях астероидов, залетевших в окрестности планет (например, две группы отдалённых спутников Юпитера).

В некоторых системах обнаруживаются следы очень крупных столкновений: удивительно маленький наклон оси Урана к эклиптике, повлиявший также на ориентацию орбит всех его спутников и колец; противовращение Тритона по сравнению с вращением Нептуна вокруг своей оси и др. Снимки поверхностей спутников, полученные с помощью космических аппаратов «Вояджер» и «Галилео», дали ценную информацию об эволюции этих тел. Её изучают по истории рельефа, изобилующего как проявлениями тектонической активности, так и следами многочисленных соударений — кратерами. Статистика кратеров позволяет определять геологический возраст поверхностей.



бы раздувается. Если на воздушном шарике нарисовать галактики и начать надувать его, то расстояния между ними будут возрастать, причём тем быстрее, чем дальше они расположены друг от друга.

КАК ИЗМЕРЯЮТСЯ КРАСНЫЕ СМЕЩЕНИЯ

Космологическое красное смещение — это смещение линий в сторону длинных волн в спектре, который получен от далёкого космического источника (например, галактики или квазара), по сравнению с длинами волн тех же линий, измеренными от неподвижного источника. Оно выражается отношением разницы принятой и испущенной длин волн к испущенной длине волны. Например, если линия водорода Лайман-альфа с длиной волны $\lambda_{исп} = 1216$ Å наблюдается на длине волны $\lambda_{набл} = 4864$ Å, то красное смещение этой галактики

$$z = \frac{\lambda_{набл} - \lambda_{исп}}{\lambda_{исп}} = \frac{4864 - 1216}{1216} = 3.$$

Красные смещения вызываются эффектом Доплера. Зная красное смещение z, можно определить скорость удаления галактики v. Если эта скорость невелика по сравнению со скоростью света ($c = 300\ 000$ км/с), она выражается простой формулой: $v = cz$. Если измеренное по спектральным линиям $z > 1$, то скорость связана с ним более сложным образом и зависит от принятой модели Вселенной.

По красному смещению можно рассчитать не только скорость удаления галактики, но и расстояние r до неё, воспользовавшись законом Хаббла: $v = H_0 r$, где H_0 — постоянная Хаббла.

Определим, например, расстояние до некоторой галактики, при радионаблюдениях которой было найдено, что линия нейтрального водорода с длиной волны $\lambda_{исп} = 21$ см наблюдается на $\lambda_{набл} = 21{,}2$ см, т. е. её красное смещение

$$z = \frac{21{,}2 - 21}{21} \approx 0{,}01.$$

Приняв значение постоянной Хаббла $H_0 = 75$ км/(с·Мпк), находим

$$r = \frac{v}{H_0} = \frac{cz}{H_0} = \frac{300000 \times 0{,}01}{75} \approx 40 \text{ Мпк}.$$

Красное смещение является также мерой времени, протекшего с начала расширения Вселенной до момента испускания света в галактике. Во Вселенной со средней плотностью, равной критической плотности, это время выражается формулой:

$$t = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{H_0} \cdot \frac{1}{(1+z)^{3/2}}.$$

Так, по современным астрономическим данным, самые первые галактики образовались в момент времени, соответствующий красному смещению ≈6, т. е. спустя примерно 1/15 часть современного возраста Вселенной. Значит, свет от этих галактик шёл до нас приблизительно 8,5 млрд. лет.

Разница лишь в том, что нарисованные на шарике галактики и сами увеличиваются в размерах, реальные же звёздные системы повсюду во Вселенной сохраняют свой объём. Это объясняется тем, что составляющие их звёзды связаны между собой силами гравитации.

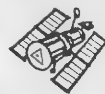
Факт постоянного расширения Вселенной установлен твёрдо. Самые далёкие из известных галактик и квазаров имеют такое большое красное смещение, что длины волн всех линий в их спектрах оказываются больше, чем у близких источников, в пять—шесть раз!

Но если Вселенная расширяется, то сегодня мы видим её не такой, какой она была в прошлом. Миллиарды лет назад галактики располагались значительно ближе друг к другу. Ещё раньше отдельных галактик просто не могло существовать, а ещё ближе к началу расширения не могло быть даже звёзд. Эта эпоха — начало расширения Вселенной — удалена от нас на 12—15 млрд лет.

Оценки возраста галактик пока слишком приближённы, чтобы уточнить эти цифры. Но надёжно установлено, что самые старые звёзды различных галактик имеют примерно одинаковый возраст. Следовательно, большинство звёздных систем возникло в тот период, когда плотность вещества во Вселенной была значительно выше современной.

На начальной стадии всё вещество Вселенной имело настолько высокую плотность, что её даже невозможно себе представить. Идею о расширении Вселенной из сверхплотного состояния ввёл в 1927 г. бельгийский астроном Жорж Леметр, а предположение, что первоначальное вещество было очень горячим, впервые высказал Георгий Антонович Гамов в 1946 г. Впоследствии эту гипотезу подтвердило открытие так называемого реликтового излучения. Оно осталось как эхо бурного рождения Вселенной, которое часто называют Большим Взрывом.

Но остаётся множество вопросов. Что привело к образованию ныне наблюдаемой Вселенной, к на-



плавления горных пород. Тогда они разделялись по составу: тяжёлые элементы (железо и другие металлы) опускались к центру, а лёгкие всплывали. Дополнительное нагревание произошло в недрах Земли от сжатия её пород вышележащими слоями.

Но основной источник нагревания недр Земли — тепло, выделяемое при распаде радиоактивных элементов: урана, тория и калия с атомным весом 40, которые в малых количествах присутствуют в каменистом веществе планеты. В настоящее время в центре Земли температура достигает по меньшей мере 5000 К, т. е. она намного выше, чем в конце аккумуляции.

Вследствие высоких давлений в недрах Земли большая часть её массы находится в твёрдом состоянии, лишь внешняя область железного ядра расплавлена. В земной коре также обнаружены вкрапления расплавленной магмы — вулканические очаги. Из-за убывания температуры от центра планеты к поверхности в мантии Земли возникает тепловая конвекция. Поскольку вещество мантии в основном твёрдое и неоднородно по составу, конвективные движения происходят очень медленно, создавая большие напряжения на границе с корой. Горообразование, землетрясения, перемещения континентов и отдельных блоков земной коры — результаты внутренних процессов в мантии.

Атмосфера и гидросфера постепенно выделились из недр нашей планеты, поскольку газы и вода входили в состав земных пород. Вначале, в процессе соударений, из твёрдых планетезималей высвобождались летучие соединения. На последующем этапе летучие соединения связывались в породах. Расслоение Земли на железное ядро, силикатную мантию и кору из изверженных пород началось ещё при аккумуляции и продолжается в течение всей геологической истории планеты.

Сегодня благодаря данным, полученным космическими аппаратами, можно узнать геологическую историю не только Земли, но и других планет и их спутников.





Участок небесной сферы малого размера (около 1′ x 1′). На нём видно всего лишь несколько звёзд, все остальные объекты — далёкие галактики. Съёмка Хаббловского космического телескопа.

родна. Это означает, что, переходя ко всё бо́льшим объёмам пространства, мы наблюдаем всё более однородную картину распределения вещества. Если взять, например, небольшой объём — 10 пк^3 — в окрестностях Солнца, в нём окажется несколько звёзд и весьма разреженная межзвёздная плазма, а в соседних 10 пк^3 мы вообще можем не обнаружить ни одной звезды. Это говорит о неоднородности распределения вещества в малых объёмах Вселенной. Но куб со стороной 100 млн парсек даст нам примерно од-



АСТРОЛОГИЯ

Всем правит небо.

Уильям Шекспир. Гамлет

Гороскоп — лишь схема, путь мы выбираем сами.

Саманта Дэвис, американский психолог

Рубеж II—III тысячелетий. Популярность астрологии чрезвычайно велика: газеты и журналы печатают астрологические прогнозы, выходит много астрологической литературы, для расчётов гороскопов астрологи используют специальные компьютерные программы, многие бизнесмены и политические деятели имеют личных астрологов. Высказывания об астрологии разнообразны и категоричны. Её называют наукой, искусством, магией, гаданием, наконец, шарлатанством. Что любопытно, большинство и тех, кто пользуется газетными астрологическими прогнозами, и тех, кто категорически отрицает их достоверность, имеет об астрологии довольно туманное, а иногда просто ошибочное представление.

Чаще (и правильнее) всего астрологией называют европейскую астрологическую традицию. Само слово «астрология» греческое (от «астрон» — «звезда», «логос» — «учение») — учение о звёздах.

«РОДОСЛОВНАЯ» АСТРОЛОГИИ

В конце III — начале II тысячелетия до н. э. в Месопотамии, на родине одной из древнейших цивилизаций, возникла первая астрология — «астрология предзнаменований». Населявшие Месопотамию шумеры и аккадцы обожествляли светила: Венеру (Иштар), Луну (Син) и само Небо — Ану. Они считали, что боги посылают людям знамения, предупреждая их о будущих событиях. Наблюдение и толкование небесных знамений и были целью астрологии предзнаменований. Во II тысячелетии до н. э. в Месопотамии создан свод глиняных клинописных табличек «Энума Ану Энлиль». Таблички содержали около 7 тыс. толкований небесных явлений, например: «Если Луна появилась в 1-й день месяца нисану и дул северный ветер — царь Аккада будет в благополучии»; «Если при восходе Венеры с ней соединится красная звезда — царский сын захватит трон».

Жрецы искали предзнаменования в астрономических и метеорологических явлениях, которые можно было непосредственно наблюдать на небе. Эти знамения касались только «государственных дел»: царя и его приближённых, страны в целом.

В середине I тысячелетия до н. э. у вавилонян зародилась новая астрология, которая существенно отличалась от астрологии предзнаменований, — она носила теоретический характер. К тому времени появилась теория движения небесных тел, позволявшая вычислять их положения в различные моменты в прошлом, настоящем или будущем. Вавилонские астрологи впервые начали составлять гороскопы. Слово *гороскоп* (от *греч.* «хороскопос» — «наблюдающий время») в астрологии имеет несколько значений. Его главное значение — специальная карта взаимного расположения планет и звёзд на определённый момент. В гороскопной астрологии уже не учитывались метеорологические явления, а также явления, которые нельзя было рассчитать, например цвет Луны. Гороскоп теперь можно было заказать и составить для любого человека, а его толкование отличалось от изречений «Энума Ану Энлиль».

Дальнейшее развитие учение о звёздах получило в греческом мире в период с III в. до н. э. по III в. н. э.

Старинное изображение зодиакального созвездия Девы.





скорости (до 1000—2000 км/с), никак не связанные с космологическим расширением. Чтобы вычислить постоянную Хаббла, приходится измерять красные смещения не близких, а достаточно далёких галактик, расстояния до которых установить очень трудно. По современным оценкам, наиболее вероятное значение H_0 лежит в интервале 60—80 км/(с·Мпк).

Определить из наблюдений истинную среднюю плотность материи Вселенной, оказывается, ещё сложнее, чем найти постоянную Хаббла и вычислить критическую плотность. Из астрономических наблюдений следует, что средняя плотность всего видимого вещества — звёзд, пыли и межзвёздного газа — не превышает 10% от критической плотности. Однако помимо наблюдаемого вещества во Вселенной, безусловно, присутствует и загадочное невидимое, или тёмное вещество, ничем не проявляющее себя, кроме гравитационного поля. Измерить плотность тёмного вещества — задача чрезвычайно сложная. Многие теоретические соображения заставляют думать, что плотность Вселенной с учётом тёмного вещества должна быть равна критической или немного ниже её. Этот важнейший космологический вопрос до сих пор остаётся открытым.

ДА БУДЕТ ВЕЩЕСТВО!

Каждый кубический сантиметр пространства содержит около 500 реликтовых фотонов. Вещества на этот же объём приходится гораздо меньше: около 10^{-6} барионов (так называют тяжёлые элементарные частицы, в том числе протоны и нейтроны). Поскольку фотоны никуда не исчезают (пространство между галактиками прозрачно), отношение числа фотонов к числу барионов в ходе расширения Вселенной сохраняется. Но энергия фотонов со временем уменьшается из-за красного смещения. Следовательно, когда-то в прошлом плотность энергии излучения была больше плотности энергии обычных частиц вещества. Это означает, что до определённого момента фотоны не только числом, но и «массой» (масса — это просто энергия, делённая на квадрат скорости света) превосходили барионы. В те времена излучение полностью определяло характер расширения Вселенной. Об этой эпохе говорят как о *радиационной стадии* в эволюции Вселенной. На этой стадии температура вещества и излучения была одинаковой.

Но в один прекрасный момент, примерно через миллион лет после начала расширения Вселенной, всё изменилось: произошёл переход от радиационной стадии к стадии вещества. Это событие называют моментом *рекомбинации*. Температура тогда понизилась до нескольких тысяч градусов. Из атомной физики известно, что при такой температуре начинается объединение (рекомбинация) электронов, бывших до этого свободными частицами, с протонами и ядрами гелия. Именно на этой стадии во Вселенной началось образование атомов, преимущественно водорода и гелия.

Если до рекомбинации ионизованное вещество и излучение активно взаимодействовали друг с другом, то после неё ситуация резко изменилась: кванты света почти перестали «замечать» нейтральные атомы. Вселенная стала прозрачной для излучения, которое начало путешествовать свободно. Именно это излучение улавливаем мы сейчас как реликтовое. Образно говоря, кванты реликтового излучения «запечатлели» эпоху рекомбинации и несут прямую информацию о далёком прошлом. Правда, с тех пор фотоны «покрасне-



▸ Космический аппарат «Прогноз», на котором проводился эксперимент «Реликт-2» по исследованию реликтового излучения.



которое было сродни колдовству. Но вскоре положение изменилось. В Средние века астрология распространилась по всей Европе, в XIV—XVI вв. наступил её расцвет. Как и в древние времена, астрологи выступали в качестве советчиков при дворах правителей, многие священнослужители пользовались их услугами.

* * *

Вплоть до XVII в. астрономия и астрология развивались в неразрывном единстве. До XV в. слово «астролог» означало как астролога, так и астронома. Строго говоря, астрология была колыбелью астрономии, хотя не всем астрономам приятно сейчас это сознавать. Со временем эти дисциплины всё дальше и дальше уходили друг от друга. Современная астрология ближе к психологии, чем к астрономии. Однако открытия астрономов всегда корректировали и дополняли знания астрологов. Астрономы, в частности, рассчитывали эфемериды (таблицы точного расположения планет в будущем), использовавшиеся астрологами. Нередко астроном и астролог соединялись в одном лице: Тихо Браге, Иоганн Кеплер и даже Галилео Галилей занимались также астрологией. В Германии вплоть до первой половины XIX столетия астрологию включали в состав дисциплин, изучавшихся в университетах.

В эпоху Возрождения астрология пережила кризис. При составлении гороскопов астрологи тогда основывались на традиционной геоцентрической системе мира, превращённой Птолемеем в строгую теорию небесных явлений. Согласно Птолемеевой системе, в центре мира располагалась Земля, а небесные светила вращались вокруг неё. Вся Вселенная существовала как бы ради Земли. Поэтому всё, что происходило во Вселенной, т. е. на периферии мира, непосредственно отражалось на событиях в его центре — на Земле. В XV в. Николай Коперник превратил Землю в рядовую планету, а Джордано Бруно низвёл Солнце до положения заурядной звезды — одной из бесчисленного множества. Казалось, сами основы астрологии были потрясены. Прошло немало времени, прежде чем астрологи примирили астрологическую практику с открытиями Коперника.



Консультация у астролога. Старинная французская миниатюра.

Более того, астрология не только нашла место в прежней системе новым планетам и открытиям, но и предсказывала их. Есть свидетельства, что знаменитый астролог Нострадамус предсказал за 100 лет открытие Нептуна.

Современный астролог, конечно, знает, что Земля не является центром Вселенной. Но его интересуют события, которые происходили или будут происходить именно на нашей планете. Поэтому, составляя гороскоп, астролог выбирает Землю в качестве начала системы координат и отслеживает положения небесных светил именно по отношению к ней. Если бы астролог взялся составлять гороскоп

Знаменитый датский астроном Тихо Браге, с изумительной точностью измерявший положения небесных светил, самым серьёзным образом был увлечён астрологией. Споря с противниками астрологии, Браге вопрошал: «Зачем же ещё нужно звёздное небо, если не для предсказания судьбы?». В своей публичной лекции в Копенгагенском университете в 1574 г. он заявил: «Кто бы ни отрицал силы и влияния звёзд, он, во-первых, недооценивает божественную мудрость и предусмотрительность и, кроме того, противоречит самым очевидным практическим данным. Ибо как можно глупее подумать о Боге, чем то, что Он создал огромную и удивительную небесную декорацию безо всякой пользы или цели, тогда как каждый человек всегда делает самую малую работу с какой-то целью».



понижении температуры до $5 \cdot 10^{12}$ K почти все протоны и нейтроны аннигилировали, превратившись в кванты излучения; остались только те из них, для которых «не хватило» античастиц. Фотоны, энергия которых к этому моменту стала меньше, уже не могли порождать частицы и античастицы. Как показали наблюдения реликтового фона, во Вселенной на один барион приходится почти 10^9 фотонов — продуктов аннигиляции. Значит, первоначальный избыток частиц по сравнению с античастицами составлял ничтожную долю (одну миллиардную!) от их общего числа. Именно из этих «избыточных» протонов и нейтронов в основном состоит вещество современной наблюдаемой Вселенной.

При $T \approx 2 \cdot 10^{10}$ K с веществом перестали взаимодействовать всепроникающие нейтрино — от того момента должен был остаться «реликтовый фон нейтрино», обнаружить который, возможно, удастся в ходе будущих нейтринных экспериментов.

Всё, о чём мы сейчас говорили, происходило при сверхвысоких температурах в первую секунду после начала расширения Вселенной. Спустя несколько секунд после момента «рождения» Вселенной началась *эпоха первичного нуклеосинтеза*, когда образовывались ядра дейтерия, гелия, лития и бериллия. Она продолжалась приблизительно три минуты, а её результатом в основном стало образование ядер гелия (25% от массы водорода). Остальные элементы, более тяжёлые, чем гелий, составили ничтожно малую часть вещества — около 0,01%. Определение химического состава (особенно содержания гелия, дейтерия и лития) самых старых звёзд и межзвёздной среды молодых галактик является одним из способов проверки выводов теории горячей Вселенной.

После эпохи нуклеосинтеза и до эпохи рекомбинации ($t \approx 10^6$ лет) происходило спокойное расширение и остывание Вселенной, а затем — спустя сотни миллионов лет после начала расширения — появились первые галактики и звёзды.

ИНФЛЯЦИОННАЯ ВСЕЛЕННАЯ

До начала 80-х гг. в нашем рассказе здесь можно было бы поставить точку. Однако в последние десятилетия развитие космологии и физики элементарных частиц позволило теоретически рассмотреть и самый начальный, «сверхплотный» период расширения Вселенной.

Оказывается, в самом начале расширения, когда температура была невероятно высока (больше 10^{28} K), Вселенная могла находиться в особом состоянии, при котором она расширялась с ускорением, а энергия в единице объёма оставалась постоянной. Такую стадию расширения назвали *инфляционной*. Подобное состояние материи возможно при одном условии — давление должно быть отрицательным! Однако возможность такого состояния материи, когда она обладает отрицательным давлением, следует из современных теорий элементарных частиц. В них предполагается существование некоторого необычного поля со странными физическими свойствами, энергия которого преобладала на самой ранней стадии расширения.

Стадия сверхбыстрого инфляционного расширения охватывала крошечный промежуток времени: она завершилась примерно к моменту $t \approx 10^{-36}$ с. Считается, что настоящее «рождение» элементарных частиц материи в том виде, в каком мы их знаем сейчас, произошло как раз по окончании инфляционной стадии и было вызвано «распадом» гипотетического поля. После этого расширение Вселенной продолжалось уже по инерции.

Гипотеза инфляционной Вселенной отвечает на целый ряд важных вопросов космологии, которые до недавнего времени считались необъяснимыми парадоксами, в частности на вопрос о причине расширения Вселенной. Если в своей истории Вселенная действительно прошла через эпоху, когда существовало большое отрицательное давление, то гравитация неизбежно должна была вызвать не притяжение, а взаимное отталки-



индивидууму обнаружить... и реализовать наилучшим образом возможности, заложенные в нём».

Когда хотят выяснить перспективы взаимоотношений двух людей, которые любят друг друга, собираются вступить в брак или завязать ответственные деловые отношения, применяют метод сопоставления их гороскопов. Парный гороскоп называют *синáстрией* (от *греч.* «син» — «вместе», «астрон» — «звезда»).

Медицинская астрология занимается профилактикой заболеваний, выявлением особенностей организма конкретного человека. *Часовая* астрология изучает карту, составленную на момент возникновения мысли, идеи, вопроса. Существует множество других разделов астрологии.

Для составления прогноза астролог пользуется *методами развёртывания гороскопа.* Астрологию часто упрекают в фатализме, считая, что её прогноз не оставляет свободы выбора. Сами же астрологи спорят между собой, насколько будущее предопределено. Наиболее распространённой является точка зрения, что «звёзды склоняют, но не обязывают». Астролог указывает лишь на тенденции, что нередко ошибочно воспринимают как расплывчатый прогноз. Особенности индивидуального гороскопа можно сравнить с перилами: задача человека — научиться идти к цели, держась за перила, а не перепрыгивать их, ломая ноги.

Цель прогноза, по словам Д. Радьяра, «...не столько сказать нам, что мы встретим на своём пути, как предложить нам, как это встретить, и определить основной повод этой встречи. Какие наши качества, какой тип силы требуется, чтобы пройти каждую определённую фазу нашего полного становления как индивидуальности. Это не имеет никакого отношения к тому, классифицировать ли события, встречающиеся человеку в определённой фазе, как «хорошие» или «плохие». Важно не событие, какое бы оно ни было, а то, будем ли мы готовы встретить его с наилучшим результатом с точки зрения нашего роста».

НА ПОРОГЕ III ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

Астрология развивается, в ней остаётся масса нерешённых проблем. Астрологи пишут исследовательские работы, проводят конференции. В настоящее время в астрологии существует несколько направлений (школ): традиционная, символическая, структуралистическая и др.

Бурно развивается естественнонаучное направление астрологии, которое имеет также название *космобиоритмология*, т. е. учение о взаимосвязи законов космоса и жизни на Земле. Это название отражает представления астрологов о том, что земная жизнь является небольшой частицей космоса и нельзя не учитывать влияние большей части Вселенной на меньшую. Есть также направление, которое с помощью методов математической статистики исследует взаимосвязь между небесными телами и судьбами людей.

Немало астрологов считает, что будущее астрологии — в использовании научных подходов. Многое в ней нуждается в переосмыслении. Действительно, сейчас астролог пользуется правилами, терминами, трактовками, сложившимися в древности и в Средние века. Мировоззрение, психология, жизнь человека настолько изменились с тех пор, что некоторые астрологические трактовки просто устарели.

Большинство современных учёных продолжают относиться к астрологии скептически. Прежде всего их недоверие вызвано различием в подходах к знанию астролога и представителя естественных наук. Для учёного-естественника интуиция служит лишь вспомогательным методом, работа же его строится на расчётах и формальной логике. Астролог использует логику и интуицию в равной степени: значения планет и знаков Зодиака не описываются простыми математическими или логическими формулами.

Споры вокруг астрологии начались в незапамятные времена и не стихают до сих пор. Против неё была выдвинута масса аргументов. Один



Именно так могли образоваться Солнце и неподвижные звёзды...».

С того времени идея Ньютона почти никем и никогда не оспаривалась. Но понадобилось три столетия, чтобы великая догадка стала надёжной теорией, прочно опирающейся на наблюдения.

ОТКРЫТИЕ МЕЖЗВЁЗДНОГО ВЕЩЕСТВА

Что имел в виду Ньютон, говоря о веществе, распределённом в пространстве? Действительно, межзвёздное вещество было открыто сразу после изобретения телескопа.

Газовые облака выглядят на небе как туманные пятнышки. Н. Пейреск в 1612 г. впервые упомянул о Большой туманности Ориона. По мере совершенствования телескопов были обнаружены и другие туманные пятна. В каталоге Шарля Мессье (1783 г.) их описано 103, а в списках Уильяма Гершеля (1818 г.) отмечено уже 2500 объектов «не звёздного вида». Наконец, в «Новом общем каталоге туманностей и звёздных скоплений» Джона Дрейера (1888 г.) значится 7840 незвёздных объектов.

В течение трёх столетий туманности, особенно спиральные, считались сравнительно близкими образованиями, связанными с формированием звёзд и планет. Гершель, например, был абсолютно уверен, что он не только нашёл множество облаков дозвёздного вещества, но даже собственными глазами видит, как это вещество под действием тяготения постепенно изменяет свою форму и конденсируется в звёзды.

Как позже выяснилось, некоторые туманности действительно связаны с рождением звёзд. Но в большинстве случаев светлые туманные пятна оказались не газовыми облаками, а очень далёкими звёздными системами. Так что оптимизм астрономов был преждевременным и путь к тайне рождения звёзд предстоял ещё долгий.

В ИГРУ ВСТУПАЮТ ФИЗИКИ

К середине XIX в. физики могли применить к звёздам газовые законы и закон сохранения энергии. С одной стороны, они поняли, что звёзды не могут светить вечно. Источник их энергии ещё не был найден, но, каким бы он ни оказался, всё равно век звезды отмерен и на смену старым должны рождаться новые звёзды.

С другой стороны, те яркие и горячие облака межзвёздного газа, которые смогли обнаружить астрономы в свои телескопы, явно не устраивали физиков как предполагаемое вещество будущих звёзд. Ведь горячий газ стремится расширяться под действием внутреннего давления. И физики не были уверены, что гравитация сможет победить давление газа.

Итак, что же победит — давление или гравитация? В 1902 г. молодой английский физик Джеймс Джинс впервые исследовал уравнения движения газа с учётом гравитации и нашёл, что они имеют два решения. Если масса газа мала и его тяготение слабо, а нагрет он достаточно сильно, то в нём распространяются волны сжатия и разрежения — обычные звуковые колебания. Но если облако газа массивное и холодное, то тяго-

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ СОСТОЯНИЙ МЕЖЗВЁЗДНОГО ГАЗА

Тип газа	Год открытия	Температура, K	Плотность, атом/см³	M_J в массах Солнца	R_J, пк
Тёплый	1921	8000	0,25	$1 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^3$
Прохладный	1950	80	40	$2 \cdot 10^3$	7
Горячий	1970	$3 \cdot 10^5$	0,002	$5 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^5$
Холодный	1975	10	10^3	4	0,3



из них состоит в том, что существование механизмов воздействия небесных светил на судьбы людей, торговых предприятий и целых государств не вытекает из научных исследований. Довод серьёзный. Однако очень многие явления были непонятны учёным в течение долгих столетий, а затем наука включала их в свою сферу. Тому же Иоганну Кеплеру потребовалась определённая смелость, чтобы обнародовать своё открытие: приливы и отливы представляют собой результат влияния Луны на Мировой океан. Галилео Галилей писал по этому поводу: «Более других удивляет меня Кеплер, который допускает власть Луны над водой». Парижская академия наук в XVIII в. не признавала, что с неба могут падать камни, пока метеориты не свалились, можно сказать, на голову академикам.

Так и с астрологией: возможно, в будущем исследователи постигнут те связи между Землёй и Вселенной, которые скрываются за астрологическими закономерностями. Большинство астрологов считает, что это учение уже сейчас является точной наукой, расцвет которой ещё впереди.

СОЛНЦЕ И БИОСФЕРА ЗЕМЛИ

На заре цивилизации, когда человек впервые начал задумываться над вопросом взаимосвязи космоса и земной жизни, сложилось твёрдое убеждение, что всё происходящее на Земле управляется космическими силами. У разных народов существовали целые системы небесных «знамений», предвосхищавших те или иные важные события на Земле. Эти представления отразились в мифах, в религиозных и астрологических учениях.

Однако по мере накопления опыта, изобретения орудий труда, возникновения ремёсел, люди всё больше обособлялись от природы и уже по-иному смотрели на мир и на своё место в нём. Так складывались антропоцентрические воззрения, представление о том, что человек — высшая цель развития всего сущего. Этой идее полностью отвечало созданное в древности геоцентрическое учение, согласно которому центром Вселенной считалась Земля. Но всё же идея космизма, т. е. космической обусловленности земных событий, продолжала оставаться популярной.

Наука Нового времени значительно расширила знания человека о мире. Теперь концепция внешних влияний стала казаться многим учёным не только малопривлекательной, но даже лженаучной. Главной причиной такого резкого изменения мировоззрения были, однако, не сами новые знания, а их неполнота. Потребовался довольно длительный период накопления фактов, чтобы доказать: наша планета не изолирована от влияния космоса. И подтверждением тому является воздействие Солнца на всё живое на Земле.

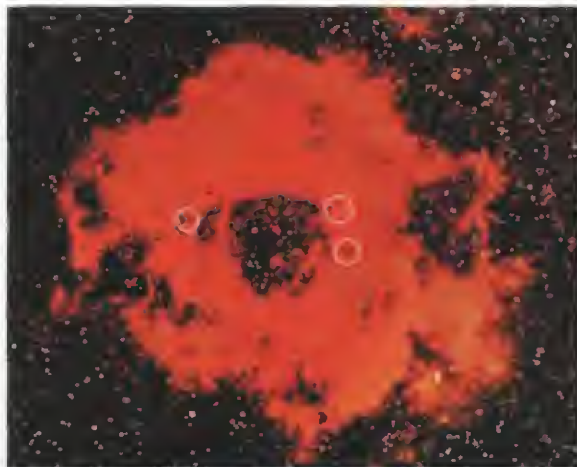
ЗЕМНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ. ГЕЛИОБИОЛОГИЯ

Ещё в Средние века мореплаватели обратили внимание, что в определённые дни стрелка компаса вдруг начинает беспорядочно колебаться. Это продолжается несколько часов или даже суток, и компас делается непригодным для навигационных расчётов. Такие явления стали называть магнитными бурями. А в XVIII в. шотландский астроном и геофизик Иоганн Ламонт заметил, что интенсивность и частота магнитных бурь тем выше, чем больше на Солнце пятен. Так была открыта связь земных явлений с солнечной активностью.

Позднее, в 1801 г., английский астроном Уильям Гершель сообщил, что цены на хлеб (зависящие от урожайности) на протяжении целого столетия менялись в соответствии с







Глобулы в туманности NGC 2237 в созвездии Единорога (показаны кружками).

Области звёздообразования в туманности NGC 6611 (созвездие Щита). Справа — фрагмент. Снимок Хаббловского космического телескопа.

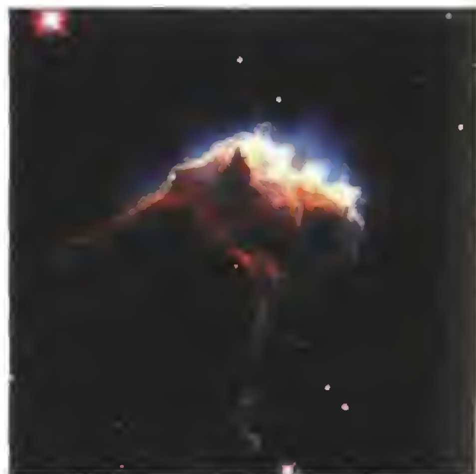
размерами около 1 мкм и меньше, которые поглощают свет далёких звёзд. Потому-то холодное облако и кажется тёмным «провалом в небесах». Детальное изучение Млечного Пути показало, что очень часто такие «провалы» встречаются в областях звёздообразования, подобных туманности Ориона.

В 1946 г. американский астроном Барт Бок обнаружил на фоне светлых туманностей NGC 2237 в Единороге и NGC 6611 в Щите маленькие чёрные пятна, которые назвал *глобулами*. Размер их от 0,01 до 1 пк. Они ослабляют свет лежащих за ними звёзд в десятки и сотни раз. Это значит, что вещество глобул в тысячи раз плотнее окружающего их газа. Их масса оценивается в пределах от 0,01 до 100 масс Солнца.

После открытия глобул появилось убеждение, что сжимающиеся облака дозвёздной материи уже найдены, что они-то и являются непосредственными предшественниками звёзд. Но вскоре стала очевидной поспешность такого заключения.

Дело в том, что оптические телескопы не дают полного представления о межзвёздной среде: с их помощью мы видим лишь горячие облака,





нагретые массивными звёздами (как туманность Ориона), или маленькие тёмные глобулы на светлом фоне. И те и другие — довольно редкие образования. Только созданные в 50-е гг. радиотелескопы позволили обнаружить по излучению в линии 21 см атомарный водород, заполняющий почти всё пространство между звёздами.

Это очень разреженный газ: примерно один атом в кубическом сан-



Пожарский, Ришелье, Вашингтон, Суворов, Гарибальди, Ленин и многие другие. В периоды спокойного Солнца гораздо чаще отмечалась склонность людей к миролюбию, а их интересы и энергия направлялись в область духовной деятельности.

Острые споры вызывал в своё время вопрос о влиянии солнечной активности на частоту несчастных случаев и травматизма на транспорте и производстве. Оно было обнаружено ещё в 1928 г. Чижевским, а в 50-х гг. изучалось Р. Рейтером и К. Вернером в ФРГ. Проанализировав данные около 100 тыс. автокатастроф, немецкие учёные установили, что число несчастных случаев возрастает с увеличением солнечной активности, причём особенно на второй день после солнечной вспышки.

Солнечная активность сказывается на поведении не только человека, но и других живых организмов. Так, известный энтомолог Н. С. Щербиновский в 30-х гг. XX в. обратил внимание на то, что массовые перелёты саранчи повторяются с периодом в 11 лет. Американский зоолог Ч. Элтон, проанализировав данные о заготовках шкурок канадского зайца за 100 лет, обнаружил, что периоды всплеска численности этих животных приходятся, как правило, на минимумы солнечных циклов.

Взаимосвязь солнечных и земных явлений устанавливается обычно на основании либо одновременности их протекания, либо совпадения их ритмики. Этого, конечно, недостаточно для того, чтобы прогнозировать то или иное событие на Земле по степени активности Солнца. Только знание всех процессов, образующих сложную цепочку взаимосвязей в системе Солнце — Земля, поможет предсказать конкретное событие.

АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА И ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ

Александр Леонидович Чижевский внёс большой вклад в изучение влияния Солнца на возникновение эпидемических заболеваний. Результаты этих его исследований имеют особую ценность: ведь он работал с материалом тех эпох, когда медицина не умела ещё бороться ни с чумой, ни с холерой, ни с тифом. Стихийный характер возникновения и распространения эпидемий давал надежду выявить их взаимосвязь с солнечной активностью в «чистом виде». На обширном материале учёный показал, что самые сильные и смертоносные эпидемии всегда совпадали с максимумами солнечной активности. Такая же закономерность была обнаружена для заболеваний дифтерией, менингитом, полиомиелитом, дизентерией и скарлатиной.

А в начале 60-х гг. появились научные публикации о связи сердечно-сосудистых заболеваний с солнечной активностью. В них было показано, что наиболее подвержены солнечному воздействию люди, уже перенёсшие один инфаркт. При этом выяснилось, что их организм реагирует не на абсолютное значение уровня активности, а на скорость его изменения.

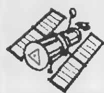
В ряду многообразных проявлений солнечной активности особое место занимают хромосферные вспышки. Эти мощные взрывные процессы существенно влияют на магнитосферу, атмосферу и биосферу Земли. Магнитное поле Земли начинает беспорядочно меняться, и это является причиной магнитных бурь.

В 30-х гг. XX столетия в городе Ницце (Франция) случайно было замечено, что число инфарктов миокарда и инсультов у пожилых людей резко возрастало в те же самые дни, когда на местной телефонной станции наблюдались сильные нарушения связи вплоть до полного её прекращения. Как впоследствии выяснилось, нарушения телефонной связи были вызваны магнитными бурями.

Сведения о влиянии магнитного поля на организм человека имелись уже в глубокой древности. Лечебные свойства магнита описывали Аристотель (IV в. до н. э.) и Плиний Старший (I в. н. э.), немецкий врач Парацельс и английский естествоиспытатель Уильям Гилберт (XVI в.).



Обложка книги А. Л. Чижевского «Земное эхо солнечных бурь».



Большинство молекулярных облаков зарегистрировано только по радиоизлучению. Некоторые, впрочем, давно известны астрономам, например тёмная туманность Угольный Мешок, хорошо видимая глазом в южной части Млечного Пути. Диаметр этого облака 12 пк, но оно выглядит большим, поскольку удалено от нас всего на 150 пк. Его масса около 5 тыс. солнечных масс, тогда как у некоторых облаков масса достигает миллиона солнечных, а размер 60 пк. В таких гигантских молекулярных облаках (их в Галактике всего несколько тысяч) и располагаются главные очаги формирования звёзд.

Ближайшие к нам области звёздообразования — это тёмные облака в созвездиях Тельца и Змееносца. Подальше расположен огромный комплекс облаков в Орионе.

ЖИЗНЬ ЧЁРНОГО ОБЛАКА

Молекулярные облака устроены значительно сложнее, чем знакомые нам облака водяного пара в земной атмосфере. Снаружи молекулярное облако покрыто толстым слоем атомарного газа, поскольку проникающее туда излучение звёзд разрушает хрупкие молекулы. Но находящаяся в наружном слое пыль поглощает излучение, и глубже, в тёмных недрах облака, газ почти полностью состоит из молекул.

Структура облаков постоянно изменяется под действием взаимных столкновений, нагрева звёздным излучением, давления межзвёздных магнитных полей. В разных частях облака плотность газа различается в тысячу раз (во столько же раз вода плотнее комнатного воздуха). Когда плотность облака (или отдельной его части) становится настолько большой, что гравитация преодолевает газовое давление, облако начинает неудержимо коллапсировать. Размер его уменьшается всё быстрее и быстрее, а плотность растёт. Небольшие неоднородности плотности в процессе коллапса усиливаются, и в итоге облако *фрагментирует*, т. е. распадается на части, каждая из которых продолжает самостоятельное сжатие.

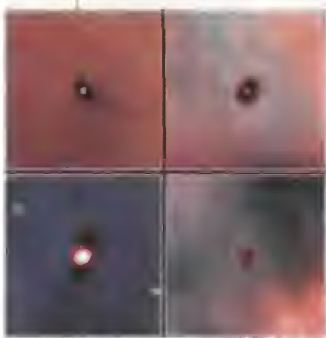
При коллапсе возрастают температура и давление газа, что препятствует дальнейшему увеличению плотности. Но пока облако прозрачно для излучения, оно легко остывает и сжатие не прекращается. Большую роль в дальнейшем играет космическая пыль. Хотя по массе она составляет всего 1% межзвёздного вещества, это очень важный его компонент. В тёмных облаках пылинки поглощают энергию газа и перерабатывают её в инфракрасное излучение, которое легко покидает облако, унося излишки тепла. Наконец из-за увеличения плотности отдельных фрагментов облака газ становится менее прозрачным. Остывание затрудняется, и возрастающее давление останавливает коллапс. В будущем из каждого фрагмента образуется звезда, а все вместе они составят группу молодых звёзд в недрах молекулярного облака.

Коллапс плотной части облака в звезду, а чаще — в группу звёзд продолжается несколько миллионов лет (сравнительно быстро по космическим масштабам). Новорождённые звёзды разогревают окружающий газ, и под действием высокого давления остатки облака разлетаются. Именно этот этап мы видим в туманности Ориона. Но по соседству с ней продолжается формирование будущих поколений звёзд. Для света эти области совершенно непрозрачны и наблюдаются только с помощью инфракрасных и радиотелескопов.

ОБЛАКО СТАНОВИТСЯ ЗВЕЗДОЙ

Рождение звезды длится миллионы лет и скрыто от нас в недрах тёмных облаков, так что этот процесс практически недоступен прямому наблюдению. Астрофизики пытаются исследовать его теоретически, с помощью компьютерного моделирования. Превращение фрагмента облака в звезду сопровождается гигантским изменением физических условий:

Рождающиеся звёзды с газопылевыми дисками вокруг них в созвездии Ориона. Снимок Хаббловского космического телескопа.





Коллекционирующие такие сообщения уфологи — люди любознательные, искренне увлечённые поисками внеземных цивилизаций, но, как правило, они не являются специалистами в области метеорологии или астрономии. Обычно они целиком полагаются на рассказы очевидцев или, что ещё печальнее, на информацию журналистов, полученную из вторых рук и часто сильно искажающую реальные события. Большинство уфологов уверено в том, что если с ходу не удаётся дать объяснение увиденному явлению, значит, мы имеем дело с проявлением внеземного разума.

ИЗ ИСТОРИИ УФОЛОГИИ

В истории человечества известно немало случаев «небесных знамений»: во все эпохи люди отмечали редкие и непонятные им явления на дневном и ночном небе — кометы, болиды, гало вокруг Солнца и Луны, облака редкой формы. Современный же всплеск интереса к НЛО начался сразу после Второй мировой войны, в эпоху расцвета авиации.

Днём 24 июня 1947 г. американец Кеннет Арнольд, пролетая на своём маленьком самолёте близ горы Рейнир (штат Вашингтон), заметил в воздухе девять объектов, размерами напоминавших транспортные самолёты. По форме один из них был похож на полумесяц с небольшим куполом посередине, а восемь других казались плоскими дисками, блестевшими в лучах солнца. Двумя цепочками группа странных объектов двигалась, как показалось Арнольду, со скоростью около 2700 км/ч. Внешне они напоминали «бесхвостые самолёты», а движение их было «как у глиссера, мчавшегося по волнам», или «подобно блюдцу, брошенному по поверхности воды». Арнольд имел в виду, что объекты подпрыгивали, как бы рикошетируя от поверхности воды. Считается, что именно так и возник популярный ныне термин «летающее блюдце» (flying saucer), или, как чаще говорят, «летающая тарелка».

Сообщение Арнольда было опубликовано. После этого в редакции многих газет стали поступать сведения от очевидцев различных необъяснимых небесных явлений. Правда, в целом американская публика отнеслась к подобным сообщениям скептически, поскольку никаких реальных следов «блюдец» обнаружить не удалось. Но джинн уже был выпущен из бутылки: интерес к летающим тарелкам возрастал.

В наши дни журналисты и уфологи используют не только легкомысленное словосочетание «летающая тарелка». В середине 50-х гг. Э. Дж. Руппельт предложил для обозначения всего «летающего и неопознанного» термин НЛО (UFO). Затем появились и другие названия, например АЯЯ — аномальное атмосферное явление.

Первые шаги в изучении НЛО сделали американские военные. Сообщение Арнольда совпало с осложнениями в отношениях между СССР и США, т. е. с началом «холодной войны». Поэтому американские военные сразу же обратили внимание на публикации газет о необычных летающих объектах. 30 декабря 1947 г. командующий военно-воздушными силами США приказал приступить к изучению «атмосферных феноменов, которые могут представлять интерес с точки зрения национальной безопасности». Ходили слухи, будто НЛО — это секретные летательные аппараты, созданные в СССР.

Для проверки сообщений об НЛО в 1948 г. ВВС США приступили к осуществлению проекта «Синяя книга».





Газетное воспроизведение (справа) фотографии, сделанной астронавтами на Луне. Кружком обведено изображение странного диска — кандидата на роль космического корабля пришельцев. На оригинале той же фотографии, который отличается более высоким качеством, видно, что это дальнии склон, освещённый солнечными лучами.



▸ Расширяющиеся газовые оболочки вокруг массивной звезды η Киля. Снимок Хаббловского космического телескопа.

так быстро, что звезда проживает бо́льшую часть жизни, окружённая остатками своей протозвёздной оболочки, которую часто называют *газопылевым коконом.*

Примером звезды-кокона служит объект Беклина — Нейгебауэра в туманности Ориона. Он находится в центре компактного и очень плотного скопления протозвёзд. Из них он наиболее массивный: звезда внутри кокона имеет массу порядка восьми солнечных. Её светимость близка к 2 тыс. солнечных, а температура излучения кокона около 600 К. Поэтому объект Беклина — Нейгебауэра был открыт двумя астрономами, имена которых он носит, в 1966 г. как мощный инфракрасный источник. Сейчас известно уже более 250 объектов такого типа. Температура их пылевых коконов 300—600 К. Некоторые из них своим излучением уже почти разрушили коконы: наблюдения показывают, что их вещество расширяется со скоростью 10—15 км/с. Классический пример такой звезды — сверхгигант η Киля на расстоянии около 3 кпк от нас, погружённый в плотную пылевую туманность Гомункулус.



РЕАКТИВНЫЕ СТРУИ МОЛОДЫХ ЗВЁЗД

Взаимодействие звёзд умеренной массы с остатками протозвёздного вещества имеет любопытную особенность. При наблюдении формирующихся и молодых звёзд астрономы обнаруживают в их окрестностях быстрые потоки газа: они напоминают реактивные струи, несущиеся в двух противоположных направлениях от звезды. Сначала это явление отмечалось лишь у достаточно массивных и активных звёзд, но более детальные наблюдения показали, что, вероятно, каждая звезда проходит в своей молодости через эпоху образования сверхзвуковых потоков. Сжимаясь из обширного вращающегося облака в небольшой объект, звезда обязана освободиться от избытка энергии и момента количества движения, иначе её сжатие будет остановлено центробежной силой. При этом звезда должна потерять как минимум 99,99% исходного момента количества движения, что хорошо видно на примере Солнца.

Это «механическая» проблема звезды, но есть ещё «магнитная»: при коллапсе облака вместе с газом сжимается и «вмороженное» в него межзвёздное магнитное поле, давление которого также препятствует сжатию. Поэтому формирующейся звезде необходимо избавиться и от излишков магнитного поля.

Долгое время «механическая» и «магнитная» проблемы формирования звёзд обсуждались отдельно. Но оказалось, что они могут помочь в решении друг друга. Компьютерные гидродинамические модели движения газа с магнитным полем в окрестности молодой звезды прояснили ситуацию. Падающий на звезду газ тянет за собой поле. Достигнув аккреционного диска, газ продолжает своё движение к звезде, увеличивая при этом скорость вращения. Увлекаемые газом магнитные силовые линии закручиваются «штопором», отчего вся система приобретает свойства архимедова винта (такого, как в мясорубке): теперь уже уплотнившееся спиральное магнитное поле начинает толкать газ вдоль оси вращения в обе стороны от звезды. И само же поле играет роль трубы, вдоль которой происходит ускорение газовых потоков.

От величины магнитного поля и от плотности окружающей среды зависит, насколько далеко полетят сверхзвуковые газовые потоки. У протозвёзд они вытягиваются на несколько световых лет. Любопытно, что эта изящная модель смогла объяснить не только причину ускорения потоков, но и их строение. Ускоряющийся вдоль оси вращения газ находится под влиянием нескольких конкурирующих сил — это газовое давление, магнитное давление, центробежные эффекты. Возникающие в результате их взаимодействия колебания плотности газа приводят к дроблению непрерывного потока на отдельные сгустки, летящие друг за другом, как вагончики. Они действительно наблюдаются в потоках формирующихся звёзд и называются узелками потока.

КАКИЕ ЗВЁЗДЫ РОЖДАЮТСЯ

Молекулярные облака, эти «фабрики по производству звёзд», изготовляют звёзды всевозможных типов. Диапазон масс новорождённых звёзд простирается от нескольких сотых долей до 100 масс Солнца, причём маленькие звёзды образуются значительно чаще, чем крупные. В среднем в Галактике ежегодно рождается примерно



ся общественные организации уфологов. В 1984 г. любители уфологии объединились в Комиссию по аномальным явлениям (КАЯ) при Комитете по проблемам охраны окружающей природной среды Всесоюзного совета научно-технических обществ (ВСНТО). Возглавлял КАЯ большой энтузиаст поиска внеземных цивилизаций и изучения НЛО, радиоастроном из Нижнего Новгорода Всеволод Сергеевич Троицкий, член-корреспондент Российской Академии наук. В конце 80-х гг. состоялось несколько всесоюзных школ и семинаров по различным междисциплинарным проблемам, среди которых была и проблема НЛО.

Большой интерес к НЛО наблюдается и во Франции, где действует единственная в мире государственная «служба НЛО». В 1977 г. при Национальном центре космических исследований в Тулузе была организована небольшая Группа по изучению неопознанных аэрокосмических явлений. Позже её преобразовали в Службу экспертизы атмосферных явлений (СЕПРА). Её сотрудники собирают и анализируют сведения об НЛО, поступающие в основном из государственных источников: ВВС, гражданской авиации и прежде всего жандармерии, которой с 1974 г. поручено сообщать обо всех проявлениях НЛО. В 75—80% случаев, о которых информирует жандармерия, эксперты СЕПРА отождествляют наблюдаемые феномены с известными явлениями. Когда это сделать не удаётся, они проводят дополнительное изучение, иногда выезжая на место наблюдения.

ЧТО ПРИНИМАЮТ ЗА НЛО?

Перечислим основные явления, которые вызывают сообщения об НЛО. Их можно разделить на три класса: астрономические, атмосферные и техногенные.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. Луна и Венера нередко бывают «виновницами» сообщений об НЛО. Конечно, в ясную ночь трудно с чем-нибудь спутать висящую высоко в небе Луну, но бывают обстоятельства, затрудняющие её отождествление.

Очень часто это облачность, которая скрывает звёзды, но обычно не может полностью затмить Луну. Особенно сильный «эффект НЛО» возникает, когда облака бегут по небу: появляется иллюзия, что Луна движется в противоположную сторону, внезапно пропадая и появляясь в разрывах между плотными тучами. К тому же её до неузнаваемости искажают полупрозрачные облака.

При быстрой езде ночью у человека создаётся впечатление, что этот светящийся объект его преследует. Особенно сильный эффект возникает, когда он видит не саму Луну, а блик от неё в окне автомобиля, поезда или

ПОГОНЯ ЗА ВЕНЕРОЙ

В книге Д. Голдсмита и Т. Оуэна «Поиски жизни во Вселенной» описано любопытное происшествие, случившееся в 1967 г. в местечке Милледжвилл (штат Джорджия, США). В предутренние часы полицейский увидел на востоке вблизи линии горизонта «ярко-красный светящийся объект, похожий по форме на футбольный мяч», и преследовал его вместе со своим напарником в патрульном автомобиле на протяжении 12 км. Постепенно объект поднялся выше, изменил свой цвет с ярко-красного на оранжевый, а затем на белый и стал напоминать звезду. По словам полицейских, объект был таким ярким, что при его свете они могли видеть стрелки своих часов.

Рапорт полицейских из Милледжвилла разжёг интерес к НЛО во всём штате, и в последующие дни подобные сообщения поступали из множества мест. Полицейским в их «охоте» за НЛО помогал самолёт, с которого рядом с ярким объектом заметили ещё один, менее яркий. Когда самолёт преследовал их в восточном направлении, оба объекта удалялись и двигались вверх.

Как оказалось, ярким объектом была Венера в период утренней видимости. А «сопровождал» её Юпитер.



Набегающие на Луну облака иногда создают иллюзию «летящего сквозь облака объекта».



долго: в среднем около 500 млн лет, а иногда и несколько миллиардов.

Часто молодые плотные скопления окружены разреженной короной из таких же молодых звёзд. Нередко подобные короны встречаются и сами по себе, без центрального скопления. Их называют звёздными ассоциациями.

Обычно на фоне Млечного Пути выделяются лишь самые массивные и яркие члены ассоциации — звёзды спектральных классов O и B. Поэтому такие группировки именуются OB-ассоциациями. У некоторых из них замечены признаки расширения со скоростью 5—10 км/с, которое началось с самого рождения звёзд. Причина расширения, вероятно, в том, что массивные горячие звёзды сразу после своего появления разогревают окружающий газ и изгоняют его из области звёздообразования. С уходом газа эти области лишаются 70—95% своей массы и уже не могут удержать быстро движущиеся звёзды, которые вслед за газом покидают место своего рождения.

Ассоциации недолговечны: через 10—20 млн лет они расширяются до размера более 100 пк и их уже невозможно выделить среди звёзд фона. Это создаёт иллюзию, что ассоциации — редкие группировки звёзд. В действительности они рождаются не реже скоплений, просто разрушаются быстрее.

• • •

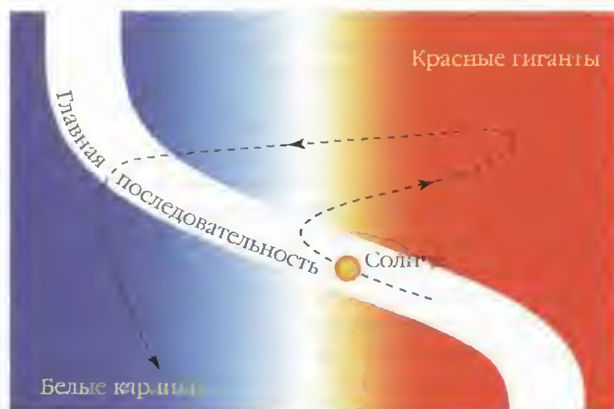
Процесс формирования звёзд очень сложен и во многом ещё до конца не изучен. Известны галактики, богатые межзвёздным веществом, но почти лишённые молодых звёзд. А в других системах формирование звёзд происходит так интенсивно, что напоминает взрыв. Понять, какие причины стимулируют звёздообразование или, напротив, приглушают его, ещё только предстоит.

КОНЕЦ ЖИЗНЕННОГО ПУТИ ЗВЕЗДЫ

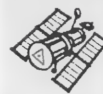
Большую часть своей жизни звезда находится на так называемой главной последовательности диаграммы цвет—светимость (диаграммы Герцшпрунга — Ресселла). Все остальные стадии эволюции звезды до образования компактного остатка занимают не более 10% от этого времени. Именно поэтому большинство звёзд, наблюдаемых в нашей Галактике, — скромные красные карлики с массой Солнца или меньше. Дальнейшая судьба звезды полностью определяется её массой.

Каков же будет срок жизни звезды? Иначе говоря, сколько времени она проведёт на главной последовательности? Ответить на данный вопрос не представляет труда, если знать механизм выделения энергии в звезде. Для звёзд главной последовательности это термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Как известно из ядерной физики, освобождаемая при этом энергия равна примерно 0,1% от энергии покоя вещества $E = mc^2$. Здесь m — масса вещества, c — скорость света. Соотношение $E = mc^2$ было установлено Альбертом Эйнштейном в 1917 г.

Таким образом, полный запас термоядерной энергии в звезде составляет $0{,}001\ M_я c^2$, где $M_я$ — масса ядра звезды, в котором и происходят термоядерные реакции (именно там



Эволюционный путь звезды типа Солнца на диаграмме спектр — светимость.



ТЕХНОГЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ. Это самолёты и вертолёты, аэростаты и ракеты, спутники и активные эксперименты в атмосфере и космосе.

Мало кому известно, что во многих странах регулярно запускают аэростаты, в основном для изучения атмосферы. Сотни запусков в день происходят на всей планете. В большинстве своём это неуправляемые воздушные шары, и ветер может перенести их практически в любую точку Земли. Так, в 1970 г. был зафиксирован рекорд продолжительности полёта аэростата: находясь в воздухе четыре с лишним года, аппарат совершил более 100 кругосветных путешествий на высоте почти 35 км.

Аэростаты имеют различный диаметр (от 3—4 до 100 м) и разную форму: во Франции, например, часто запускают простые в изготовлении аэростаты с оболочкой в форме тетраэдра, т. е. правильной четырёхгранной пирамиды. Иногда используются цилиндрические оболочки или связки из нескольких десятков небольших шаров. Появление в воздухе подобного сооружения может вызвать самую неожиданную реакцию у неподготовленных зрителей. Особенно впечатляюще выглядят аэростаты в сумерках: ярко освещённые солнцем на фоне потемневшего неба, они видны за сотни километров. Недавно были спроектированы аппараты легче воздуха с твёрдой линзообразной оболочкой. По внешнему виду их невозможно отличить от классической летающей тарелки. И всё же подобные аппараты редкой формы наблюдают немногие, а вот запуски ракет видны на расстоянии 1000 и более километров.

Об уровне компетентности очевидцев появления НЛО легко судить в случае массового наблюдения таких явлений, которые происходят в связи с космическими запусками или экспериментами в атмосфере. Десятки сообщений приходили каждый раз после экспериментов в атмосфере 17 июля, 19 сентября и 18 октября 1967 г. на ракетном полигоне Капустин Яр в районе Волгограда. При этом ошибки разных людей в определении времени достигали 1 ч, а в направлении — 1/4 окружности (вместо востока, например, указывался север). При описании «петрозаводского феномена» подобные ошибки привели, в частности, к тому, что создалось впечатление о множестве объектов, рассеянных на большой территории. Если удаётся восстановить точную картину происшествия, специалисты во многих случаях без труда его разгадывают.



Частые в наше время запуски исследовательских зондов приводят к появлению в небе весьма необычных объектов.



Советский спутник Эхо-2 — огромный отражающий шар, хорошо видимый с Земли.

НЕРАЗГАДАННЫЕ НЛО

И всё же некоторые сообщения до сих пор не поддаются «расшифровке». Эти «классические» случаи обычно пересказываются в большинстве книг об НЛО. Вот пример из книги Ж.-К. Риб и Г. Монс «Внеземная жизнь», где прокомментировано несколько случаев из отчёта Кондона: «Реактивный самолёт РБ-47 американских ВВС, снабжённый системой РЭП (радиоэлектронного подавления. — *Прим. ред.*), с экипажем из шести офицеров летел ночью 17 июля 1957 г. в сопровождении НЛО на протяжении полутора часов, пройдя за это время 1300 км по маршруту от штата Миссисипи до штата Оклахо-



астрофизика, индийца по происхождению, Субрахманьяна Чандрасекара), он равен примерно 1,4 массы Солнца. Если масса звезды больше, давление вырожденных электронов не может противостоять силам гравитации и за считанные секунды происходит катастрофическое сжатие белого карлика — коллапс. В ходе коллапса плотность резко растёт, протоны объединяются с вырожденными электронами и образуют нейтроны (это называется нейтронизацией вещества), а освобождаемую гравитационную энергию уносят в основном нейтрино (см. статью «Взрывающиеся звёзды»). Чем же заканчивается этот процесс? По современным представлениям, коллапс может либо остановиться при достижении плотностей порядка 10^{17} кг/м^3, когда нейтроны сами становятся вырожденными, — и тогда образуется нейтронная звезда; либо выделяемая энергия полностью разрушает белый карлик — и коллапс по сути дела превращается во взрыв.



▸ Нейтронная звезда в центре Крабовидной туманности. Рентгеновское изображение.

НЕЙТРОННЫЕ ЗВЁЗДЫ

Большинство нейтронных звёзд образуется при коллапсе ядер звёзд массой более десяти солнечных. Их рождение сопровождается грандиозным небесным явлением — вспышкой сверхновой звезды. Зная из наблюдений, что вспышки сверхновых в нормальной галактике происходят примерно раз в 25 лет, легко вычислить, что за время существования нашей Галактики (10 — 15 млрд лет) в ней должно было образоваться несколько сот миллионов нейтронных звёзд! Как же они должны проявлять себя?

Молодые нейтронные звёзды быстро вращаются (периоды их вращения измеряются миллисекундами!) и обладают сильным магнитным полем. Вращение вместе с магнитным полем создают мощные электрические поля, которые вырывают заряженные частицы из твёрдой поверхности нейтронной звезды и ускоряют их до очень высоких энергий (см. статью «Необычные объекты: нейтронные звёзды и чёрные дыры»). Эти частицы излучают радиоволны.

С потерей энергии вращение нейтронной звезды тормозится, электрический потенциал, создаваемый магнитным полем, падает. При некотором его значении заряженные частицы перестают рождаться и радиопульсар «затухает». Это происходит за время около 10 млн лет, поэтому действующих пульсаров в Галактике должно быть несколько сот тысяч (один на 1500 звёзд соответствующей массы). В настоящее время наблюдается примерно 700 пульсаров.

Как и для белых карликов, для нейтронных звёзд существует предельно возможная масса (она носит название *предела Оппенгеймера — Волкова*). Однако строение материи при столь высоких плотностях известно плохо. Поэтому предел Оппенгеймера — Волкова точно не установлен, его величина зависит от сделанных предположений о типе и взаимодействии частиц внутри нейтронной звезды. Но в любом случае он не превышает трёх масс Солнца.

Если масса нейтронной звезды превосходит это значение, никакое давление вещества не может противодействовать силам гравитации. Звезда становится неустойчивой и быстро коллапсирует. Так образуется чёрная дыра.



А ЧТО, ЕСЛИ?..

Почему учёные скептически относятся ко всякого рода сообщениям о летающих тарелках и пришельцах из иных миров? Причин для этого немало. Главная из них — то, что таинственные огни и предметы на небе при проверке в большинстве случаев (хотя и не всегда!) оказываются связанными с технической деятельностью человека или с редкими атмосферными явлениями, а то и просто являются плодом фантазии. Но как хотелось бы узнать, что мы не одиноки в космической пустыне, пусть даже другие цивилизации и предпочитают не слишком афишировать своё присутствие... Надо признать, что и самый большой скептик не сможет доказать, что такой вариант полностью исключается.

По современным представлениям, жизнь во Вселенной должна быть исключительно редким явлением, не говоря уже о высокоразвитой разумной жизни. Для возникновения даже простейшего самовоспроизводящегося организма из сложных молекул требуются специфические, редко встречающиеся условия и игра многих случайностей. Помогает лишь то, что Природа в своём запасе имеет много времени. В любом случае, можно ожидать, что очаги жизни отдалены друг от друга на гигантские космические расстояния и шансы встретиться двум цивилизациям просто ничтожны — если только они специально не ищут друг друга. Они должны разойтись не только в пространстве, но и во времени — продолжительность технологической стадии, при которой цивилизации могут проявлять интерес к контакту, осуществлять его и находить общий язык, несопоставима с возрастом Вселенной.

В XX в. инопланетяне прочно «обосновались» на Земле. На телеэкранах и первых полосах газет часто появляются фотографии летающих тарелок и инопланетян. Множество людей уверяют, что общаются с ними постоянно, в гости друг к другу наведываются... Люди охотно принимают на веру то, во что им очень хотелось бы верить. На инопланетянах делаются капиталы и карьеры. Но никаких вполне достоверных сведений об их существовании до сих пор опубликовано не было.

Одна из знаменитых сенсаций — появившийся летом 1996 г. фильм о медицинском обследовании (вскрытии) тела человекоподобного существа. Утверждается, что существо это погибло при аварии летающей тарелки, упавшей в 1947 г. недалеко от американского города Росвилла. Качество съёмки оставляет желать лучшего. Реакция Пентагона на этот фильм оказалась неожиданной: военное ведомство заявило, что в исследовательских целях в зонды помещали пластиковые манекены.

Надо сказать, что из всех сообщений о визитах инопланетян этот фильм вызвал в последнее время наибольший интерес.

Если перед нами фальшивка (такое подозрение высказывалось) — тогда она войдёт в историю как один из самых грандиозных обманов. В противном случае вопрос должна взять под свой контроль наука.

* * *

Что может принести человечеству долгожданная встреча с иным разумом? Люди не могут не задумываться над этим независимо от того, летают над нами тарелки, или нет. Предположим, что взяла и села тарелка среди бела дня в центре города. Какие чувства мы испытаем в этот момент? Радость? Вряд ли... Ведь это событие из тех, к которым готовься всю жизнь — и всё равно не будешь готов. Скорее беспокойство за дальнейшее развитие нашей цивилизации.

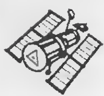
Представим себе ребёнка, выросшего в домике лесничего. В детстве он знал только маму и папу, у него была кошка — одна. И вот отец отвозит его в город — в школу. Он видит сразу сотни, тысячи людей, детей и взрослых. Все такие разные, все чего-то хотят, а вдруг обидят... Ему интересно, но страшно, а обратно в одинокую лесную жизнь дороги нет.

Если в какой-то момент выяснится, что мы не одни во Вселенной, человечество будет подобно этому малышу. Значит, вся наша история, которая кажется такой неслучайной, такой осмысленной — всего лишь один из возможных вариантов. Наш облик, воспетый поэтами и художниками, — только один из многих, и на чей-то вкус, может быть, довольно уродливый. Наш Шекспир в масштабах Вселенной окажется провинциальным поэтом, а Эйнштейн — деревенским умником. Наше мировоззрение, несмотря на все фантастические романы, лучше готово к одиночеству, чем к Вселенной, наводнённой цивилизациями. Даже религии, питающие нравственные основы нашей цивилизации, всегда исходили из того, что человечество уникально.

Что принесут нам братья по разуму, если они ушли далеко вперёд в своём развитии? Свои научные и технические достижения? До сих пор все знания, которые у нас есть, были нашими знаниями, они были выстраданы, найдены, доказаны. В них — наш портрет, наши муки творчества. Если нам на блюдечке преподнесут всё новое, путь познания, радость открытия мы утратим надолго. Наука обесценится: какой смысл тратить жизнь на поиск истины, если у соседей всё уже разложено по полочкам. Сумеет ли человечество сохранить тогда свой внутренний стержень?

Есть и пугающий вопрос: откуда известно, что они добрые? Сможет ли человечество защитить себя от недобросовестной экспансии? Или «гений и злодейство — две вещи несовместные», и цивилизация, способная преодолевать огромные расстояния, уже пережила «болезни роста»: войны, злобу, коварство?

Сегодня эту проблему обсуждают только писатели-фантасты и средства массовой информации (последние не всегда с честными намерениями). Серьёзная наука не считает её своим делом. Но такие вопросы не перечеркнёшь словами: «Это не область науки». Ведь в конечном итоге вопрос не в том, кто такие пришельцы, а в том, кто такие мы.





Весьма вероятный кандидат в чёрные дыры — рентгеновский источник Лебедь X-1. По-видимому, это тесная двойная система, одна из компонент которой — чёрная дыра массой около $10M_{\odot}$.

Последние достижения рентгеновской астрономии позволяют исследовать рентгеновское излучение очень быстрой (миллисекундной) переменности. В оптической астрономии появилась возможность регистрации очень слабых потоков света. Всё это даёт надежду, что в начале XXI в. будет получено прямое доказательство существования в Галактике чёрных дыр звёздной массы. А возможно, обнаружение чёрных дыр будет связано с совершенно новым направлением звёздной науки — гравитационно-волновой астрономией. Уже разрабатываются гравитационно-волновые детекторы, которые позволят регистрировать необычайно слабые гравитационные волны от систем, содержащих чёрные дыры. Скорее всего первые обнаруженные таким методом объекты окажутся двойными чёрными дырами, сливающимися друг с другом из-за потерь энергии орбитального движения на гравитационное излучение.

ИСТОРИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Ещё в XVI в. Джордано Бруно предположил, что звёзды, подобно Солнцу, окружены свитой планет и эти миры непрерывно рождаются, развиваются и умирают. Два века спустя в работах немецкого философа Иммануила Канта и французского математика Пьера Симона Лапласа зародилась *космогония* — наука о происхождении небесных тел. Существует космогония планетная — она изучает проблемы возникновения Земли и планет вообще. С ней тесно связана космогония звёздная, рассматривающая происхождение звёзд, и прежде всего Солнца — ближайшей к нам звезды.

ПРОТОПЛАНЕТНОЕ ОБЛАКО

Движение планет в Солнечной системе упорядоченно: они вращаются вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости. Расстояния от одной планеты до другой возрастают закономерно. Орбиты планет близки к окружностям, что и позволяет им вращаться вокруг Солнца миллиарды лет, не сталкиваясь друг с другом.

Если движение планет подчиняется одному и тому же порядку, то и процесс их образования должен быть единым. Это показали в XVIII в. Иммануил Кант и Пьер Лаплас. Они пришли к выводу, что на месте планет вокруг Солнца первоначально вращалась туманность из газа и пыли.

Но откуда взялась эта туманность? И каким образом газ и пыль превратились в крупные планетные тела? Эти вопросы оставались нерешёнными в космогонии XIX и начала XX в. Камнем преткновения была и проблема момента количества движения планет. Масса всех планет системы в 750 раз меньше массы Солнца. При



ПЛАНЕТЫ ЕСТЬ НЕ ТОЛЬКО У СОЛНЦА

До настоящего времени единственной хорошо изученной планетной системой является Солнечная система. Она включает девять больших планет и десятки тысяч мелких тел, обращающихся вокруг Солнца. Но Солнце по всем параметрам всего лишь обычная звезда, и это внушает уверенность, что наша планетная система — не космическое чудо, не уникальное природное явление, а одна из многих подобных систем в Галактике. Вопрос о планетах вблизи других звёзд уже несколько веков привлекает внимание учёных — ведь с ним связана проблема существования внеземной жизни, иных цивилизаций.

Связь эта, впрочем, не прямая. Цивилизации (по крайней мере долгоживущие) действительно должны быть явлением редким, в противном случае следы их космической деятельности уже были бы найдены. Наличие вокруг звёзд планет, даже похожих на Землю, ещё не означает, что на них есть жизнь, а путь эволюции органического вещества схож с земным. Однако изучение планет у других звёзд важно и для правильного понимания космогонических процессов.

Больше всего затрудняют поиск иных планетных систем гигантские расстояния до них. Так, расстояние до ближайшей к Солнцу звезды в 270 тыс. раз превышает расстояние от Земли до Солнца (астрономическую единицу). Если бы у самых близких к Солнцу звёзд были такие же планеты, как в Солнечной системе, и они так же освещались лучами своих «солнц», то даже планета величиной с Юпитер выглядела бы с Земли слабой звёздочкой 24—26-й звёздной величины. В принципе наблюдения столь слабых источников доступны крупнейшим телескопам, но в данном случае их излучение тонуло бы в свете рядом расположенной звезды, яркость которой в сотни миллионов раз выше, чем у планет. Тем не менее разработано несколько методов поиска планет у сравнительно близких звёзд. Некоторые из них уже успешно реализуются.

ГАЗОПЫЛЕВЫЕ ДИСКИ У ЗВЁЗД

Весомый, хотя и косвенный аргумент в пользу большой распространённости планетных систем был получен на космической обсерватории IRAS при наблюдении звёзд в далёкой инфракрасной области спектра, на длинах волн в десятки микрометров. Сами звёзды слабо светят в этом спектральном диапазоне, но нагретая до небольших температур (десятки или сотни кельвинов) протяжённая околозвёздная среда может выглядеть ярким инфракрасным источником. Наблюдения показали, что от некоторых звёзд (точнее, из их окрестностей) приходит инфракрасное излучение, источником которого служит диск,

ЧТО ТАКОЕ ПЛАНЕТА

Как это ни странно, строгого определения планеты не существует. На качественном уровне здесь всё ясно: планета — это тело с массой во много раз меньше массы известных звёзд, которое светится отражённым светом близкой звезды. Но при попытке уточнить определение возникают сложности. Во-первых, у планет могут быть и свои (хотя и не термоядерные) источники энергии. Например, Юпитер излучает в инфракрасном диапазоне значительно больше энергии, чем получает от Солнца, но звездой при этом не является. Во-вторых, самое главное: при каком значении массы проходит граница между звездой и планетой. Известно, что многие звёзды имеют небольшие и слабо светящиеся спутники — тоже звёзды, но с массами всего в несколько десятых долей массы Солнца. Наверняка есть ещё менее массивные и потому трудно обнаружимые объекты. Может быть, их правильнее считать планетами?

Часто границу между планетой и звездой условно определяют как 13 масс Юпитера, или примерно 1/75 массы Солнца. Собственное излучение таких и меньших тел всегда будет крайне слабым, потому что даже в их раскалённых недрах температура недостаточна для начала термоядерных реакций, благодаря которым нагреваются и светят звёзды. Если же масса газового шара окажется немного выше этого предела, то в его центре могут начаться самые низкотемпературные ядерные реакции с участием дейтерия, лития и бора (теоретические расчёты свидетельствуют, что температура при этом должна превышать миллион градусов). Такое тело уже считают звездой, а не планетой, даже если её излучение остаётся необнаружимо слабым.



она подтверждается и наблюдениями околозвёздных дисков.

Если бы масса облака была сопоставима с массой центрального тела, то должна была бы образоваться звезда — компаньон Солнца (или же надо найти объяснение выбросу огромных излишков вещества из Солнечной системы).

Наименее изучена самая ранняя стадия — выделение протосолнечной туманности из гигантского родительского молекулярного облака, принадлежащего Галактике.

ОБРАЗОВАНИЕ ДОПЛАНЕТНЫХ ТЕЛ



Отто Юльевич Шмидт.

В 40-х гг. академик Отто Юльевич Шмидт выдвинул ставшую общепринятой гипотезу об образовании Земли и других планет из холодных твёрдых допланетных тел — *планетезималей*. Распространённая ранее точка зрения, что планеты — это небольшие остатки некогда раскалённых гигантских газовых сгустков солнечного состава, потерявших летучие вещества, пришла в противоречие с науками о Земле.

Земля, как показывают исследования, никогда не проходила через огненно-жидкое, т. е. полностью расплавленное состояние. Исследуя шаг за шагом эволюцию допланетного диска, учёные получили последовательность основных этапов развития газопылевого диска, окружавшего Солнце, в систему планет.

Первоначальный размер облака превышал современный размер планетной системы, а его состав соответствовал тому, который наблюдается в межзвёздных туманностях: 99% газа и 1% пылевых частиц размерами от долей микрометра до сотен микрометров. Во время коллапса, т. е. падения газа с пылью на центральное ядро (будущее Солнце), вещество сильно разогревалось, и межзвёздная пыль могла частично или полностью испариться. Таким образом, на первой стадии облако состояло почти целиком из газа, притом хорошо перемешанного благодаря высокой турбулентности — разнонаправленному, хаотичному движению частиц.

По мере формирования диска турбулентность стихает. Это занимает немного времени — около 1000 лет. При этом газ охлаждается и в нём вновь образуются твёрдые пылевые частицы. Таков **первый этап** эволюции диска.

Для остывающего допланетного облака характерно очень низкое давление — менее десятитысячной доли атмосферы. При таком давлении вещество из газа конденсируется непосредственно в твёрдые частички, минуя жидкую фазу. Первыми конденсируются самые тугоплавкие соединения кальция, магния, алюминия и титана, затем магниевые силикаты, железо и никель. После этого в газовой среде остаются лишь сера, свободный кислород, азот, водород, все инертные газы и некоторые летучие элементы.

В процессе конденсации становятся активными пары воды, окисляющие железо и образующие гидратированные соединения. Основные же космические элементы — водород и гелий — остаются в газообразной форме. Для их конденсации потребовались бы температуры, близкие к абсолютному нулю, ни при каких условиях недостижимые в облаке.

Химический состав пылинок в допланетном диске определялся температурой, которая падала по мере удаления от Солнца. К сожалению, рассчитать изменение температуры в допланетном облаке очень трудно. Химический состав планет земной группы показывает, что они состоят в основном из веществ, конденсировавшихся при высоких температурах. В составе ближней части пояса астероидов преобладают каменистые тела. По мере удаления от Солнца в поясе астероидов увеличивается число тел, которые содержат обогащённые водой минералы и некоторые летучие вещества. Их удалось обнаружить в метеоритах, являющихся осколками астероидов. Среди малых планет, по-видимому, нет или очень немного ледяных тел. Следовательно,



инфракрасной области спектра, а также использование специальных оптических методов, называемых *интерференционными*, благодаря которым увеличивается способность телескопов разделять близкие источники света. Но этот прямой путь поиска планет также очень непросто реализовать.

Первый впечатляющий результат был опубликован в 1995 г.: с помощью Хаббловского космического телескопа получено чёткое изображение слабого источника рядом со звездой низкой светимости в созвездии Геркулеса, находящейся на расстоянии 19 световых лет от Солнца. Её обозначают по номеру в каталоге ближайших звёзд Глизе, поэтому принятое название звезды — Глизе 623, а её спутника — Глизе 623-В. По светимости карликовая звёздочка Глизе 623-В в 60 тыс. раз уступает Солнцу. Ранее существование этого маломассивного спутника предполагалось, исходя из точных астрометрических измерений траектории звезды.

Глизе 623-В оказался немного великоват для планеты: его масса как минимум в 40 раз превышает массу Юпитера. Это одна из самых маломассивных среди известных ныне звёзд. Любопытно, что в спектре спутника найдены линии метана. Они наблюдаются в спектрах больших планет Солнечной системы, но не характерны для звёзд. Наличие метана говорит о том, что видимая поверхность карликовой звезды нагрета совсем не до звёздных температур — менее 1000 К. Подобных звёзд обнаружено очень мало, и они, по-видимому, нечасто встречаются в природе. Их обычно именуют *коричневыми карликами* в отличие от многочисленного класса красных карликов — звёзд более высокой массы и температуры.

Третий путь, по которому идут исследователи, — это слежение за переменностью блеска большого количества звёзд в течение долгого времени с целью уловить у некоторых из них специфический характер изменения яркости, выдающий присутствие планеты.

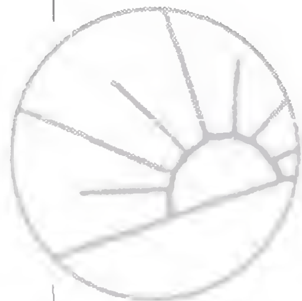
Известны два механизма влияния планеты на видимую яркость звезды. Один связан с так называемым микролинзированием. Планета, случайно оказавшаяся на одном луче зрения с какой-нибудь далёкой звездой, искажает идущий от звезды световой поток своим гравитационным полем, в результате чего на короткое время (порядка суток) возрастает видимая яркость звезды. Гравитационное поле даже такой небольшой планеты, как Земля, может действовать подобно движущейся линзе и способно вызвать разовое изменение блеска звезды дальнего фона, попавшей на луч зрения. Но событие это маловероятно, поэтому для поиска такого микролинзирования надо в течение ряда лет регулярно наблюдать миллионы далёких звёзд в той области, где они очень тесно расположены на небе (например, в направлении на ближайшие галактики — Магеллановы Облака). Тогда для планеты больше шансов оказаться почти на одном луче зрения с какой-нибудь из них. Подобные наблюдения начаты в 90-х гг.

К сожалению, узнать что-либо об орбите планеты, даже если она будет обнаружена по микролинзированию, нельзя. Зато этот метод — фактически единственный, позволяющий отыскать планету не только вблизи её «материнской» звезды (которая тоже вызовет эффект микролинзирования), но и когда она движется между



Глизе 623-В — маломассивный спутник звезды Глизе 623.







АККУМУЛЯЦИЯ ПЛАНЕТ

Образование допланетных тел в газопылевом облаке продолжалось десятки тысяч лет — крайне незначительный срок в космогонической шкале времени. Дальнейшее объединение тел в планеты — *аккумуляция планет* — гораздо более длительный процесс, занявший сотни миллионов лет. Детально восстановить его очень трудно: последующая геологическая стадия, длящаяся уже более 4 млрд лет, к настоящему времени стёрла особенности начального состояния планет.

Допланетный рой представлял собой сложную систему большого числа тел-планетезималей. Они обладали неодинаковыми массами и двигались с разными скоростями. Помимо общей для всех тел на данном расстоянии от Солнца скорости обращения по орбите эти тела имели дополнительные индивидуальные скорости со случайно распределёнными направлениями. В допланетном облаке самыми многочисленными всегда были мелкие частицы и тела. Меньшую долю составляли тела промежуточных размеров. Крупных тел, сравнимых с Луной или Марсом, было совсем мало.

Эволюция облака вела к тому, что именно в немногих крупных телах сосредоточивалась основная масса всего планетного вещества. Эта иерархия сохранилась и до наших дней: совокупная масса планет намного выше общей массы всех малых тел — спутников, астероидов, комет и пылевых частиц.

Крупные тела своим гравитационным влиянием постепенно увеличивают хаотические скорости планетезималей. Каждое сближение двух тел меняет характер их движения по околосолнечным орбитам. Как правило, орбиты становятся более вытянутыми и более наклонёнными к центральной плоскости. Таким образом, в течение этого этапа идёт «раскачка» системы от очень плоского диска к более утолщённому. При этом тела приобретают тем большие хаотические скорости, чем меньше их масса, и наоборот.

Растут тела очень неравномерно. Самое крупное из них в любой кольцевой зоне, где орбиты остальных тел пересекаются с его орбитой, получает привилегированное положение и в перспективе может стать зародышем планеты.

Роль соударений можно пояснить на примере современного пояса астероидов, где последствия ударов неодинаковы для разных тел. В нынешнее время хаотические скорости астероидов составляют примерно 5 км/с; с такими же скоростями они сталкиваются с мелкими телами. Энергия удара при падении тела на поверхность астероида обычно так велика, что разрушается не только само упавшее тело, но и часть астероида. Образуется ударный кратер, выбросы из которого разлетаются со скоростями сотни метров в секунду. Разлетающееся вещество вновь падает на поверхность астероида только в том случае, если он обладает достаточным тяготением.

Все астероиды современного пояса теряют массу при столкновениях. Лишь несколько самых больших (с радиусами более 200 км) в лучшем случае способны сохранить свою массу. Точно так же и столкновения планетезималей приводили к росту лишь наиболее крупных из них.

ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНЕТ

Внутреннюю часть Солнечной системы образуют планеты земной группы — Меркурий, Венера, Земля и Марс. Состав этих планет свидетельствует, что их рост происходил в отсутствие лёгких газов за счёт каменистых частиц и тел, содержавших различное количество железа и других металлов.

Главное условие роста тел при столкновениях — их низкие относительные скорости на начальном этапе. Чтобы тела достигли километровых размеров, хаотические скорости не должны превышать 1 м/с. Это возможно, только если нет сильного воздействия извне. В зоне роста пла-



доведена до 3—4 м/с. Вслед за 51 Пегаса колебания скорости, по-видимому связанные с планетами, были найдены у двух звёзд типа Солнца 5-й звёздной величины: 47 Большой Медведицы (период обращения планеты около трёх земных лет, радиус орбиты около 2 а. е.) и 70 Девы (период около трёх земных месяцев, радиус орбиты 0,4 а. е.), а затем и у целого ряда других звёзд.

Правда, из-за отсутствия данных об ориентации орбит можно оценить только нижний предел массы каждой планеты. Но уже сейчас ясно, что характерная масса найденных планет примерно такая же, как у Юпитера, или в несколько раз выше, т. е. эти объекты никак нельзя отнести к коричневым карликам.

Теперь перед учёными встало множество новых проблем. Почему у одних звёзд имеются планеты, сравнимые по массе с Юпитером, а у других (и таких оказалось большинство) — их нет? Как планеты-гиганты могли образоваться на близком расстоянии от звезды, а если они возникли



Схема планетных систем звёзд 51 Пегаса, 70 Девы и 47 Большой Медведицы в сравнении с Солнечной системой.

ПЛАНЕТЫ, КОТОРЫХ НИКТО НЕ ОЖИДАЛ

Наряду с планетами-гигантами вблизи звёзд наверняка существуют и планеты земного типа. Но обнаружить их гораздо труднее — слишком малое влияние они оказывают на движение звёзд.

Впрочем, и их можно найти — в том случае, если эти планеты обращаются вблизи нейтронных звёзд, наблюдаемых как пульсирующие радиоисточники — пульсары. В спектрах этих компактных звёзд нет спектральных линий, более того, за редким исключением они вообще не видны в оптическом диапазоне. Но излучаемые ими радиоимпульсы имеют настолько строгую периодичность, что для них также можно использовать эффект Доплера: частота следования импульсов меняется по тому же закону, что и частота световых волн. Регистрируя моменты прихода радиоимпульсов, за месяцы или годы наблюдений можно «отследить» изменение лучевой скорости пульсара во много раз точнее, чем скорости обычной звезды оптическими методами, а следовательно, открыть планеты меньших масс, если они присутствуют в системе пульсара.

Первое сообщение об открытии планетной системы вокруг пульсара появилось в 1992 г. Его сделал американский радиоастроном А. Вольжан, исследовавший на 300-метровом радиотелескопе на острове Пуэрто-Рико излучение пульсара PSR 1257+12. Анализируя изменения периодичности импульсов по данным многомесячных наблюдений, он пришёл к выводу, что пульсар окружён орбитами как минимум трёх планет. Две из них по массе в три с половиной раза превосходят Землю (уже не Юпитер!) и располагаются на расстояниях 0,36 и 0,47 а. е. от пульсара, а третья — с массой лишь немногим больше массы Луны — имеет радиус орбиты 0,19 а. е.

Остаётся, правда, неясным, имеют ли эти планеты ту же природу, те же свойства, что и планеты Солнечной системы, находясь рядом с таким экзотическим объектом, как пульсар, или это «огарки» от некогда более крупных тел. Как повлияла на них близость к звезде? Ведь прежде чем звезда стала пульсаром, она прошла стадию красного гиганта, а при этом её размер должен был превысить радиус орбиты по крайней мере самой близкой к ней планеты. Как пережили планеты взрыв сверхновой, при котором, как предполагают, возникает нейтронная звезда? Образовались ли они вблизи центральной звезды, или приблизились к ней в процессе эволюции?





Сатурн формировался аналогичным образом. Но его ядро росло не так быстро и достигло критической массы позднее. К этому времени из-за действия солнечного ветра газа осталось меньше, чем в зоне Юпитера к началу его аккреции. Вот почему по сравнению с Юпитером Сатурн содержит в несколько раз больше конденсируемого вещества и ещё сильнее отличается по составу от Солнца.

Уран и Нептун росли ещё медленнее, а газ из внешней зоны диссипировал быстрее. Когда эти планеты достигли критической массы, газа в их зонах почти не осталось. Поэтому на долю водорода и гелия приходится лишь около 10% массы Урана, Нептун же содержит их ещё меньше. Главными составляющими этих тел являются вода, метан и аммиак, а также окислы тяжёлых элементов; газы входят в планетные атмосферы.

Двухступенчатая схема образования планет-гигантов (формирование ядер из конденсированных веществ и газовая аккреция на эти ядра) подтверждается фактами. Во-первых, выяснилось, что современные массы ядер Юпитера и Сатурна, а также массы Урана и Нептуна без их атмосфер имеют близкие значения: 14—20 масс Земли, тогда как доля газов — водорода и гелия — в них закономерно уменьшается по мере удаления от Солнца. Во-вторых, существуют такие «вещественные доказательства» ранней истории планет-гигантов, как их спутники и кольца. Аккреция газа на планеты сопровождается образованием вокруг них газопылевых дисков, в которых формируются спутники.

На стадии быстрой аккреции освобождалось огромное количество энергии, и верхние слои планет сильно нагревались. Максимальная температура поверхности Юпитера и Сатурна, по-видимому, составляла несколько тысяч градусов — почти как у звёзд. В диске Юпитера, где формировались его спутники, на близких расстояниях от планеты температура была выше точки конденсации водяного пара, а на более далёких — ниже. И действительно, ближние спутники Юпитера, включая Ио и Европу, состоят из каменистых веществ, а более отдалённые — Ганимед и Каллисто — наполовину из водяного льда. У Сатурна в диске температура была ниже, поэтому лёд там конденсировался на всех расстояниях (частицы колец Сатурна и все его близкие спутники — ледяные).

ОБРАЗОВАНИЕ АСТЕРОИДОВ И КОМЕТ

Общая масса всех астероидов, заполняющих зону на расстоянии 2 — 4 а. е. от Солнца, не превышает массы Луны. Если вещество в допланетном диске распределялось достаточно равномерно, то первоначально в зоне астероидов могло содержаться в 100—1000 раз больше вещества, чем в настоящее время.

Пояс астероидов — это несостоявшаяся планета. Такое определение впервые дал О. Ю. Шмидт, предположивший, что процессу аккумуляции планеты помешало соседство массивного Юпитера. Сегодня ясно, что дело обстояло сложнее.

Высокие хаотические скорости астероидов (5 км/с) не могли быть порождены современными возмущениями Юпитера даже за весьма длительные промежутки времени. Сами астероиды совершенно неспособны совершить подобную «раскачку» (гравитационные возмущения для этого слишком малы). Следовательно, искать причину больших хаотических скоростей, а заодно и «опустошения» астероидного пояса нужно в прошлом, в процессе аккумуляции планет. В нём скрыт ответ на вопрос, почему именно рост Юпитера мог обогнать образование планеты, более близкой к Солнцу.

При одинаковой плотности конденсированного вещества в зоне «питания» планета формируется тем быстрее, чем короче её период обращения вокруг Солнца. У астероидов период обращения составляет 3—6 лет, а у Юпитера — около 12 лет. Во всех моделях допланетного диска плотность с увеличением расстоя-



нет. Правда, под верхним слоем грунта, уже на глубине 1 м, колебания температуры почти не ощущаются: там постоянно около –40 °С. Но всё равно в таких условиях жизнь, вероятно, не может зародиться.

На ближайшей к Солнцу маленькой планете **Меркурий** ещё не побывали ни космонавты, ни автоматические станции. Но люди кое-что знают о ней благодаря исследованиям с Земли и с пролетавшего вблизи Меркурия американского аппарата «Маринер-10» (1974 и 1975 гг.). Условия там ещё хуже, чем на Луне. Атмосферы нет, а температура поверхности меняется от –170 до 450 °С. Под грунтом температура в среднем составляет около 80 °С, причём с глубиной она, естественно, возрастает.

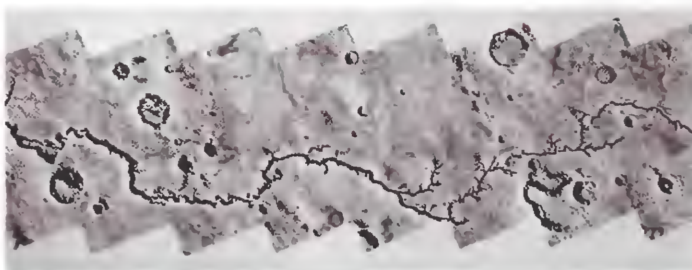
Венеру в недавнем прошлом астрономы считали почти точной копией молодой Земли. Строились догадки, что скрывается под её облачным слоем: тёплые океаны, папоротники, динозавры? Увы, из-за близости к Солнцу Венера совсем не похожа на Землю: давление атмосферы у поверхности этой планеты в 90 раз больше земного, а температура и днём, и ночью около 460 °С. Хотя на Венеру опустилось несколько автоматических зондов, поиском жизни они не занимались: трудно представить себе жизнь в таких условиях. Над поверхностью Венеры уже не так жарко: на высоте 55 км давление и температура такие же, как на Земле. Но атмосфера Венеры состоит из углекислого газа, к тому же в ней плавают облака из серной кислоты. Словом, тоже не лучшее место для жизни.

Марс не без оснований считался пригодной для жизни планетой. Хотя климат там очень суровый (летним днём температура составляет около 0 °С, ночью –80 °С, а зимой доходит до –120 °С), но всё же это не безнадёжно плохо для жизни: существует же она в Антарктиде и на вершинах Гималаев. Однако на Марсе есть ещё одна проблема — крайне разреженная атмосфера, в 100 раз менее плотная, чем на Земле. Она не спасает поверхность Марса от губительных ультрафиолетовых лучей Солнца и не позволяет воде находиться в жидком состоянии. На Марсе вода может существовать только в виде пара и льда. И она действительно там есть, во всяком случае в полярных шапках планеты. Поэтому с большим нетерпением все ждали результатов поисков марсианской жизни, предпринятых сразу же после первой удачной посадки на Марс в 1976 г. автоматических станций «Викинг-1 и -2». Но они всех разочаровали: жизнь не была обнаружена. Правда, это был лишь первый эксперимент. Поиски продолжаются.

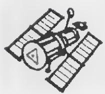
Ещё древнегреческий философ Метродот во II в. до н. э. говорил: «Считать Землю единственным населённым миром в беспредельном пространстве было бы такой же вопиющей нелепостью, как утверждать, что на громадном засеянном поле мог бы вырасти только один пшеничный колос». Открытие в XVII в. природы планет сразу же пробудило в умах учёных мысль о возможности жизни на других планетах. Христиан Гюйгенс считал, что жизнь существует на всех планетах, причём там должны быть и разумные существа, «возможно, не в точности такие люди, как мы сами, но живые существа или какие-то иные создания, наделённые разумом». Столетие спустя Иммануил Кант во «Всеобшей естественной истории и теории неба» писал, что «большинство планет, несомненно, обитаемы, а необитаемые со временем будут населены».



Марсианская пустыня. Съёмка космического аппарата «Пасфайндер» с поверхности Марса. На переднем плане часть солнечной батареи.



Следы водных потоков на Марсе говорят о том, что климат планеты в прошлом был более пригоден для жизни.





ЗВЁЗДЫ И ЛЮДИ

В этой главе собраны статьи, посвящённые двум вопросам: как космос влияет на нашу жизнь и существуют ли в просторах Вселенной планеты, подобные Земле, и различные формы жизни, включая, может быть, разумных существ. Две столь далёкие темы попали под общую вывеску потому, что всё это — «пограничные» области науки. Достоверно известного здесь пока ещё мало. Но в печати можно часто встретить непроверенные, а то и просто фальсифицированные сообщения на эти темы.

Здесь мы расскажем о том, что такое астрология. Это учение пришло к нам из глубокой древности, и, хотя его положения неоднозначны, а выводы трудно поддаются проверке, интерес к нему очень велик. Что лежит в основе астрологии? Только лишь древняя вера в то, что все значительные и незначительные события в жизни людей определяются небесными силами? А может быть, существование неизвестных науке сил и полей, через которые планеты влияют на судьбу и жизнь, или загадки нашей психики и механизма интуиции человека, которым по исторической традиции придано полумистическое астрономическое обрамление? Или всё это вместе взятое? На этот вопрос каждый ищет свой собственный ответ.

Но если к астрологии большинство астрономов относится крайне скептически, то влияние Солнца и процессов, происходящих на нём, на растительный и животный мир, на жизнь и здоровье людей — факт общепризнанный. Земля, её настоящее, прошлое и будущее действительно связаны с космосом. Но вот насколько уникальна наша планета и то, что происходит на ней? Из этой главы вы узнаете о поисках планет у других звёзд, о попытках уловить искусственные сигналы из космоса и создать универсальный язык для контактов с иными цивилизациями — если они, конечно, существуют на обозримом расстоянии. Со страниц фантастической литературы эти вопросы переместились в сферу научных исследований, проводящихся в разных странах.

Поиски продолжаются.



воздух и пары воды, но и не такими огромными, как Юпитер и Сатурн, протяжённая атмосфера которых не пропускает солнечные лучи к поверхности. Одним словом, планеты типа Земли, Венеры, возможно, Нептуна и Урана при благоприятных обстоятельствах могут стать колыбелью жизни. А обстоятельства эти довольно очевидны: стабильное излучение звезды; определённое расстояние от планеты до светила, обеспечивающее комфортную для жизни температуру; круговая форма орбиты планеты, возможная лишь в окрестностях уединённой звезды (т. е. одиночной или компонента очень широкой двойной системы). Это главное. Часто ли в космосе встречается совокупность подобных условий?

Одиночных звёзд довольно много — около половины звёзд Галактики. Из них около 10% сходны с Солнцем по температуре и светимости. Правда, далеко не все они так же спокойны, как наша звезда, но приблизительно каждая десятая похожа на Солнце и в этом отношении. Наблюдения последних лет показали, что планетные системы, вероятно, формируются у значительной части звёзд умеренной массы. Таким образом, Солнце с его планетной системой должны напоминать около 1% звёзд Галактики, что не так уж мало — миллиарды звёзд.

ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ НА ПЛАНЕТАХ. В конце 50-х гг. XX столетия американские биофизики Стэнли Миллер, Хуан Оро, Лесли Оргел в лабораторных условиях имитировали первичную атмосферу планет (водород, метан, аммиак, сероводород, вода). Колбы с газовой смесью они освещали ультрафиолетовыми лучами и возбуждали искровыми разрядами (на молодых планетах активная вулканическая деятельность должна сопровождаться сильными грозами). В результате из простейших веществ очень быстро формировались любопытные соединения, например 12 из 20 аминокислот, образующих все белки земных организмов, и 4 из 5 оснований, образующих молекулы РНК

ОРГАНИЧЕСКИЕ МОЛЕКУЛЫ В КОСМОСЕ

Из распространённых космических объектов наиболее благоприятными для протобиологической (от *греч.* «протос» — «первый») эволюции вещества в наши дни представляются недра гигантских межзвёздных газопылевых облаков. На фотографиях звёздного неба они выглядят как тёмные провалы. Свет, а также рентгеновские и ультрафиолетовые лучи не проникают сквозь эти облака, а значит, не разрушают в их недрах сложные молекулы — предшественницы жизни. А они там есть, и довольно любопытные. Кроме простейших химических соединений, таких, как гидроксил, монооксид углерода, вода и аммиак, в межзвёздных облаках найдены довольно сложные органические молекулы: муравьиная кислота, этиловый спирт, ацетон и даже аминокислота глицин — один из «кирпичиков» белковых молекул. Как же образуются столь сложные молекулы в очень холодных (с температурой ниже 100 К) и довольно разреженных (10^{-17} кг/м^3) облаках?

Оказалось, всё дело в маленьких твёрдых частицах — пылинках, к поверхности которых прилипают атомы и простые молекулы, чтобы образовать затем более сложные соединения. Некоторые астрофизики считают, что наружный слой космических пылинок представляет собой протобиологический субстрат (от *лат.* substratum — «основа»), родственный простейшим живым организмам. Во всяком случае никто сейчас не сомневается, что для зарождения жизни нужна поверхность твёрдого тела или вода в жидком состоянии, а лучше всего — и то и другое.

Знаменитый английский астрофизик Фред Хойл написал фантастический роман «Чёрное облако» о живом и разумном межзвёздном облаке. Это было давно, когда ещё не были открыты сложные органические молекулы в космосе. И всё же фантазия учёного оказалась смелее действительности: в межзвёздной среде жизни нет.

ГИПОТЕЗА ПАНСПЕРМИИ

Возможно, необходимые приготовления для возникновения жизни совершаются ещё в межзвёздной среде. С метеоритами или кометами органическое вещество может попадать на планеты из космоса. В связи с этим часто упоминается гипотеза о переносе жизни с одной планеты на другую — гипотеза *панспермии* (от *греч.* «пан» — «всё», «сперма» — «семя»), предложенная в 1908 г. шведским учёным Сванте Аррениусом и возрождённая в наше время биохимиками Фрэнсисом Криком и Лесли Оргелом. Если Аррениус считал, что живые клетки могут переноситься от планеты к планете под давлением светового излучения звёзд случайным образом, то американские биохимики предполагают «направленную панспермию», т. е. организованный перенос живого вещества с одной планеты на другую какими-то разумными существами. Для проверки этой гипотезы очень важно обнаружить жизнь хотя бы ещё на одной планете и сравнить её с земной: если и там белки окажутся собранными из тех же 20 аминокислот, что и на Земле, значит, действительно, все мы вышли из одной колыбели.

ПЛАНЕТА, КОТОРОЙ НЕ БЫЛО

В XIX в. была популярна теория происхождения астероидов в результате распада гипотетической планеты Фаэтон. Часть астероидов действительно возникла при разрушении более крупных тел. Астрономы исследовали многие семейства астероидов, обладающих сходными орбитами. Они содержат по нескольку десятков членов, которые образовались в результате дробления более крупных тел (с поперечниками около 100 км). Принадлежность к семействам определяется не только по свойствам орбит астероидов, но и по их вещественному составу, который существенно различен. Все данные говорят о том, что единой планеты Фаэтон никогда не существовало. Невозможно представить планетное тело, которое при распаде породило бы все типы астероидов; науке не известны силы, способные взорвать планету; законы движения астероидов противоречат их образованию из одного родительского тела.



Ян Оорт — выдающийся нидерландский астроном, именем которого названо кометное облако, окружающее Солнечную систему.

неустойчивость проявилась раньше; сгущения (в основном ледяные) были больше, чем в зоне астероидов; твёрдые тела, в которые они превращались, росли намного стремительнее.

Гравитационные возмущения Юпитера особенно сильно действуют на астероиды, периоды обращения которых вокруг Солнца соизмеримы с периодом Юпитера. Их орбиты становятся вытянутыми, они могут пересекать орбиту Марса и даже Земли. Их осколками являются метеориты, выпадающие на Землю. Вещественный состав метеоритов свидетельствует о том, что астероиды сформировались как отдельные тела 4,6 млрд лет назад, т. е. в ту же эпоху, что и планеты.

Кометы представляют собой небольшие тела поперечником 5—10 км. Состоят они в основном из водяного льда с вкраплениями льдов летучих соединений, способных конденсироваться лишь при очень низких температурах.

Рассматривались два варианта происхождения комет: в межзвёздном пространстве и на периферии Солнечной системы. Кометные орбиты — не параболы, а скорее очень вытянутые эллипсы с большими полуосями порядка 100 тыс. астрономических единиц (кроме короткопериодических комет с небольшими размерами орбит). Поэтому кометы должны принадлежать Солнечной системе.

По современным представлениям, кометы — побочный продукт образования планет-гигантов. Это ледяные планетезимали, заброшенные формировавшимися планетами — Юпитером, Сатурном, Ураном и Нептуном — на очень далёкую периферию нашей системы. Там кометы образуют гигантское разреженное облако, так называемое облако Оорта.

НАЧАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЛИ

Начало геологической эволюции Земли тесно связано с процессом её образования. Если бы наша планета образовалась «огненно-жидким» способом, как представлялось ещё в начале XX в., она бы сразу расслоилась на оболочки по химическому составу и стала «тектонически мёртвой». Против такого взгляда выступали Владимир Иванович Вернадский и другие известные учёные. Концепция О. Ю. Шмидта о первоначально холодной Земле родилась именно из-за противоречий между нынешней тектонической жизнью Земли и той моделью, которая следовала из горячего, расплавленного начального состояния.

Современные расчёты показали, что рождающаяся Земля не была ни расплавленной, ни холодной. Гравитационная энергия могла нагреть Землю до 40 тыс. кельвинов, если бы она мгновенно собралась из кусков в одно тело. Но рост Земли продолжался 100 млн лет, так что температура поверхности даже на стадии активного роста не превышала 350—400 К. Небольшая часть гравитационной энергии перешла в тепловую энергию земных глубин. Её недра прогрелись до 1000—2000 К благодаря тому, что в аккумуляции участвовали очень крупные тела (радиусами до сотен километров). Падение таких тел вызывало образование огромных ударных кратеров, под которыми до глубин 1—2 тыс. километров создавались области повышенной температуры. Иногда температура достигала точки



планетных системах. Но если где-то жизнь достигла разумной формы и создала техническую цивилизацию, подобную земной, то можно попытаться вступить с ней в контакт; для созданной людьми техники это уже реальная задача.

ПОИСК ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Как найти братьев по разуму? Стратегия поиска зависит от того, как люди представляют себе возможности и желания этих самых братьев. Можно разделить такие представления на четыре популярных типа:

Они рядом с нами. Так думают те, кто считает НЛО космическими кораблями пришельцев, верит в техническую возможность межзвёздных перелётов, в регулярное появление инопланетян на Земле. К сожалению, научной базы для таких представлений пока нет.

Они здесь когда-то побывали. Некоторые любители истории и археологии считают, что в памятниках, литературных источниках и легендах сохранились указания на посещение Земли пришельцами. Они не исключают даже, что мы — их потомки. Это последнее утверждение с точки зрения биологии очень наивно: генетический код и молекулярный состав человека полностью идентичен другим существам, живущим на Земле. О древних памятниках и легендах однозначного мнения пока нет, однако в принципе люди в древности могли бы создать любое из этих творений.

Они осваивают космос. Здесь всё достаточно просто. Земляне сами уже осваивают космос и могут представить себе перспективы этого занятия. Главное заключается в том, что человечество потребляет всё больше энергии и всё больше рассеивает её в окружающее пространство в преобразованном виде. Например, уже более 100 лет Землю покидают радиоволны искусственного происхождения. Последние 50 лет это очень мощные сигналы наших телевизионных передатчиков и радаров, которые без особого труда можно зарегистрировать с соседних звёзд. Это же касается и мощных лазерных импульсов, посылаемых в космос. В перспективе люди начнут строить крупные космические поселения, которые будут источниками инфракрасного (тепло-

ФОРМУЛА ДРЭЙКА

Желая узнать, как часто встречаются в Галактике условия, пригодные для жизни, человек сталкивается сразу с несколькими астрономическими проблемами: как часто встречаются звёзды, подобные Солнцу, могут ли быть рядом с ними планеты с подходящим климатом и т. д. Вслед за ними встают биологические проблемы, связанные с происхождением жизни и разума. А если человека интересует возможность контакта с внеземными существами, то возникает ещё одна проблема: многие ли разумные существа способны создать технику для космической связи или межзвёздных перелётов. Решение этих задач или хотя бы прогноз их решения требует знаний в совершенно различных областях науки.

Чтобы объединить знания разных учёных при оценке числа разумных сообществ, готовых вступить в контакт с нашей цивилизацией, американский радиоастроном Фрэнсис Дрэйк предложил следующую формулу:

$$n = N \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \frac{t}{T},$$

где n — число цивилизаций в Галактике, готовых к радиоконтакту, N — число звёзд в Галактике, P_1 — доля звёзд, имеющих планетные системы, P_2 — доля планетных систем, в которых возникла жизнь, P_3 — доля биосфер, в которых жизнь достигла уровня разума, P_4 — доля разумных сообществ, достигших технического уровня нашей цивилизации (или более высокого) и желающих установить контакт, t — среднее время существования технической цивилизации, T — возраст Галактики. Отношение t/T — это доля готовых к контакту цивилизаций, существующих одновременно с нами в том случае, если они возникают в произвольный момент жизни Галактики; ведь на разных планетах эволюция может протекать с разной скоростью.

Очень интересно и полезно делать оценки для различных величин в формуле Дрэйка. Пока есть полная ясность лишь для двух из них: возраст Галактики составляет около 10^{10} лет и в ней около 10^{11} звёзд. Можно рискнуть оценить распространённость планетных систем: $P_1 \leq 0{,}1$. На примере нашей цивилизации можно также заключить, что после создания техники космической связи (одновременно с которой появились ядерная бомба и баллистическая ракета) цивилизация способна сохраниться, по крайней мере, лет сто. Остальные величины пока трудно оценить. Весьма субъективно автор этой статьи оценивает их так: $P_2 \leq 1$, $P_3 \leq 0{,}1$, $P_4 \leq 1$ и $t \leq 100$. Если подставить их в формулу Дрэйка, то очевидно, что всего несколько цивилизаций в Галактике сейчас готовы к контакту в нами. Не очень оптимистичный, но и не безнадёжный прогноз.



КОРОЛЬ И АСТРОЛОГ

Интересный случай рассказывают об астрологе французского короля Людовика XI (1461—1483 гг.), властелина жестокого и лукавого. Этот астролог имел несчастье предсказать смерть одной любимой дамы короля. Когда она действительно умерла, король велел позвать астролога и приказал своим палачам быть наготове, чтобы по его знаку увести предсказателя и казнить. Астролог явился, и король спросил его: «Ты вот считаешь себя настолько искусным, что знаешь очень хорошо судьбу других; скажи же немедленно, сколько времени осталось жить тебе самому?».

Астролог понял ловушку. Не растерявшись, он спокойно ответил: «Ваше величество! Звёзды показали мне, что я должен умереть за три дня до Вашей кончины». Суеверный король, напуганный таким неожиданным ответом, не только отменил казнь, но и позаботился наилучшим образом о здоровье астролога и его полной безопасности.

Никому неизвестно, когда точно умер хитрый астролог и сбылось ли его пророчество, но оно спасло ему жизнь.

Греческие астрологи заимствовали у вавилонян знаки Зодиака, систему построения гороскопа и многое другое. Однако на этой основе они создали фактически новую дисциплину. Греческая астрология неотделима от математики и философии. И в настоящее время многие книги по астрологии, следуя античной традиции, являются одновременно философскими и психологическими сочинениями.



Арабский Зодиак.

В III—II вв. до н. э. был создан знаменитый трактат «Изумрудная скрижаль», автор которого вошёл в историю под именем Гермеса Трисмегиста (от *греч.* «Трисмегистос» — «трижды величайший»). Слова из этого трактата выражают основную идею греческой астрологии: «Истинно. Несомненно. Действительно. То, что находится внизу, подобно находящемуся вверху, и обратно; то, что находится наверху, подобно находящемуся внизу ради выполнения чуда единства». Философы и астрологи Греции считали, что Вселенная и человек находятся в неразрывном единстве и происходящее на Земле «подобно» движению небесных светил и связано с ним. Во II в. н. э. греческий астроном и астролог Клавдий Птолемей создал «Тетрабиблос» («Четверокнижие») — фундаментальное сочинение по мировой и индивидуальной астрологии, много веков считавшееся очень авторитетным.

В начале I тысячелетия греческая астрология достигла стран Ближнего, Среднего и Дальнего Востока, Индии, Ирана. Позднее она приобрела огромное влияние в мусульманских странах. Как следствие, современная астрология включает в себя не только греческую традицию, но также разнообразные методы и понятия, выработанные на Востоке.

Индийская и китайская астрологии (последнюю часто называют восточным гороскопом) сейчас существуют независимо от европейской и существенно от неё отличаются. Кстати, распространённый в XX в. гороскоп друидов с астрологией никак не связан.

В эпоху Римской империи астрология начала терять свои позиции, а некоторые императоры даже подвергали астрологов гонениям и репрессиям. В IV в. н. э. античная астрология пережила полосу упадка: против неё выступила набиравшая силу Христианская Церковь. С точки зрения тогдашней Церкви астрологи (и астрономы) занимались делом,



в каком диапазоне волн собираются вести переговоры. А может быть, эти переговоры уже ведутся, и осталось лишь настроить приёмники, чтобы их услышать?

Итак, для поиска сигналов ВЦ помимо технических и финансовых проблем нужно было решить две принципиальные: в какую точку неба направить антенну и на какую частоту настроить приёмник.

Первая проблема решилась легко: антенны направили на ближайшие звёзды, похожие на Солнце, в надежде, что рядом с ними есть планеты, похожие на Землю. Вторая проблема оказалась сложнее. Когда человек ловит неизвестную радиостанцию домашним приёмником, то он просто «бродит» по всему диапазону волн. Если станция мощная, её отыскать легко, а если сигнал слаб, то нужно медленно переходить с волны на волну, внимательно вслушиваясь в шорох помех, — на это уходит много времени. Ожидаемый из космоса сигнал настолько слаб, что, просто вращая ручку настройки приёмника, его не найти. В первые годы поиска сигналов ВЦ учёные пытались угадать, на какой частоте можно ожидать передачу из космоса. Решили так: эту частоту должен знать любой радиоастроном в Галактике, значит, это должна быть линия излучения какого-нибудь космического вещества, лучше всего самого распространённого, т. е. водорода. Действительно, он слабо излучает на волне длиной 21 см. На эту волну и решили настроиться.

ОЗМА И СЕРЕНДИП

Наблюдения начались в 1960 г., когда Фрэнсис Дрэйк попытался с помощью антенны диаметром 26 м принять сигналы от звёзд τ Кита и ε Эридана. Его работа называлась «проект ОЗМА». Искусственные сигналы обнаружены не были, но работа Дрэйка открыла эру поиска сигналов ВЦ. Сначала это занятие получило общее название CETI (Communication with ExtraTerrestrial Intelligents — «Связь с внеземными цивилизациями»). Позже его стали называть более осторожно — SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligents — «Поиск внеземных цивилизаций»), имея в виду, что, прежде чем удастся наладить связь, необходимо найти хоть какие-то следы деятельности разумных существ в космосе. За прошедшие годы в разных странах, в основном в США и СССР, было осуществлено более 60 экспериментов по поиску сигналов ВЦ, изучены тысячи звёзд на различных частотах. Но до сих пор сигналы разумных существ не обнаружены.

Стратегия поиска за это время заметно изменилась. Первые работы просто повторяли идею Дрэйка в расширенном виде. Затем исследовали другие звёзды и на других частотах, но вскоре поняли, что надеяться на успех можно лишь в том случае, если удастся прослушать всё небо на всех частотах. В компьютерный век это оказалось возможно.

В 1992 г. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) начало проект СЕРЕНДИП (SERENDIP, Search for Extraterrestrial Radio Emission from Nearby Developed Intelligent Populations — «Поиск внеземного радиоизлучения от соседних развитых цивилизаций»). Проект рассчитан на десять лет. В нём участву-

ЧТО ТАКОЕ СЕРЕНДИП?

Название проекта поиска внеземных цивилизаций выбрали не случайно: оно пришло из старинной персидской сказки «Три принца из Серендипа», пересказанной в 1754 г. Горацием Уолполем. В ней повествуется о трёх знатных юношах, которые узнали о девушке исключительной красоты, живущей за тридевять земель, и решили отправиться на её поиски. Они покинули свой остров Серендип (позже он назывался Цейлон, а ныне — Шри Ланка) и долго путешествовали по свету, попадая в невероятные приключения. Странствуя, они обнаружили столько удивительного и неожиданного, что даже забыли, зачем отправились в путь.

Сказка стала популярной, и в английском языке даже появилось слово serendipity, обозначающее счастливую способность легко совершать неожиданные открытия. Давая проекту название СЕРЕНДИП, учёные подразумевали, что даже если оснащение крупных радиотелескопов новой аппаратурой не приведёт к обнаружению разумных существ, всё равно позволит открыть интересные космические явления.





Астролог. Иллюстрация из трактата Р. Флудда «О космическом двуединстве».

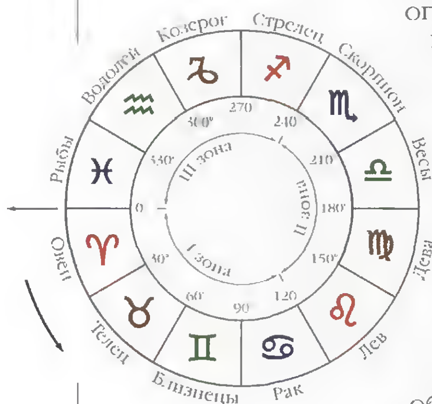
для марсианина, он рассматривал бы положение небесных тел относительно Марса.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АСТРОЛОГИИ

Работа астролога не гадание на кофейной гуще, как часто думают. Его труд — аккуратное и кропотливое составление и толкование гороскопов. Для их составления существуют математически строгие методы, а для трактовки — определённые правила.

Гороскоп составляется на чётко определённое время: для отдельного человека — на точное время его рождения, для торговой сделки — на момент заключения договора и т. д.

Составление гороскопа — это построение специальной карты, на которой обозначены точные проекции на эклиптику положений небесных светил (эклиптические долготы) на определённый момент. В центре карты расположена Земля. Расстояние небесных объектов до Земли при этом не рассматривается.



Знаки Зодиака.

В гороскопе эклиптика представлена в виде окружности (360°), разделённой на 12 секторов — *знаков Зодиака* (от *греч.* «зодиакос киклос» — «звериный круг»). Названия знаков совпадают с названиями созвездий, расположенных вдоль эклиптики. Однако в отличие от созвездий каждый знак занимает ровно 30°. Зодиак ведёт свой отсчёт от точки на эклиптике, в которой Солнце находится в момент весеннего равноденствия. От этой точки отсчитываются градусы в первом знаке Зодиака — Овне. Далее следуют Телец, Близнецы, Рак и т. д.

Каждое небесное светило и каждый знак Зодиака являются символами. С их помощью в астрологии описывают ситуации, предметы, качества человека, сферы жизни — всё, что существует.

В гороскопе отображаются положения Солнца, Луны, Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна, Плутона. Все эти небесные тела астрологи по традиции называют планетами. Для определения положения планеты используют эфемериды — таблицы координат планет относительно знаков Зодиака. Говоря о положении планеты в конкретном гороскопе, астролог называет знак и градус: например, Луна в пятом градусе Тельца. Положение каждой планеты в соответствующем знаке имеет свою трактовку. Важно также количество планет, которое попало в один знак, знаки одной стихии, знаки, расположенные на одной линии, и т. д.

Часто можно услышать: «Я Водолей» или «Я родился под знаком Водолея». С точки зрения астролога эта фраза означает следующее: «В гороскопе, составленном на момент моего рождения, Солнце находится в знаке Водолей». Однако положение Солнца в знаке — не единственная, хотя и одна из важнейших характеристик гороскопа. Прогнозы или выводы, сделанные на основе одной характеристики, являются неполными. Нередко в газетах публикуют прогнозы на неделю, которые ошибочно называют гороскопами. Такой прогноз учитывает только положение Солнца в гороскопе человека, поэтому боль-



европейцев и индейцев), даже здесь контакты бывают весьма сложными. В XIX в. русский этнограф Н. Н. Миклухо-Маклай, пытаясь составить словарь языка папуасов, столкнулся с серьёзными трудностями. Желая знать, как называется лист, он показал его нескольким туземцам и, к своему удивлению, от всех услышал разные названия. Постепенно он выяснил, что один сказал «зелёный», другой — «грязь», «негодная», так как лист был поднят с земли, третий назвал растение, которому принадлежал лист, и т. д. Даже в этом простейшем случае оказалось трудно добиться ясности. Ещё сложнее было с абстрактными понятиями. «Для ряда понятий, — писал путешественник, — я никаким образом не мог получить соответствующих обозначений, для этого оказались недостаточными как моя сила воображения, так и моя мимика. Как я мог, например, представить понятие „сны" или „сон", как мог найти название понятия „друг", „дружба"? Даже для глагола „видеть" я узнал слово лишь по прошествии четырёх месяцев, а для глагола „слышать" так и не мог узнать».

Контакты с другими цивилизациями наверняка будут связаны с очень большими трудностями, а могут и вообще оказаться бесплодными. Ведь до сих пор не прочитаны некоторые тексты на мёртвых языках Земли — своеобразные послания из глубины веков. Ещё больших трудностей следует ожидать в том случае, если нам удастся случайно подслушать радиосообщения из иных миров, предназначенные для внутреннего пользования, например обрывки телепередач или позывные космических маяков. Но если кто-то отправляет в космос специальные позывные для поиска братьев по разуму, то он должен позаботиться о простоте языка, т. е. создать особый язык, понятный любому мыслящему существу. Учёные называют это принципом *антикриптографии* (от *греч.* «анти» — «против»; «криптос» — «тайный», «скрытый»; «графо» — «пишу»).

ИСКУССТВЕННЫЕ ЯЗЫКИ. Их история началась с попыток придумать универсальный язык для людей. Результат одной из таких попыток — язык эсперанто — и сейчас в ходу. Однако так или иначе основой этих языков были живые европейские языки. Ханс Фройденталь, профессор математики Утрехтского университета (Нидерланды) решил создать язык, понятный для существ, не имеющих с нами ничего общего, кроме разума. Дело происходило в те годы, когда все были взволнованы запуском первого спутника и первой попыткой Дрэйка принять сигналы внеземных цивилизаций. Поэтому Фройденталь назвал свой язык *линкос* (от *лат.* lingua cosmica — «космический язык»).

Линкос прост и однозначен, он не содержит исключений из правил, синонимов и т. д. К тому же этот язык совершенно свободен от фонетического звучания. Слова этого языка никогда и никем во Вселенной произноситься не будут. Их можно закодировать в любой системе, например в двоичной, и передавать в космос по радио или другим способом.

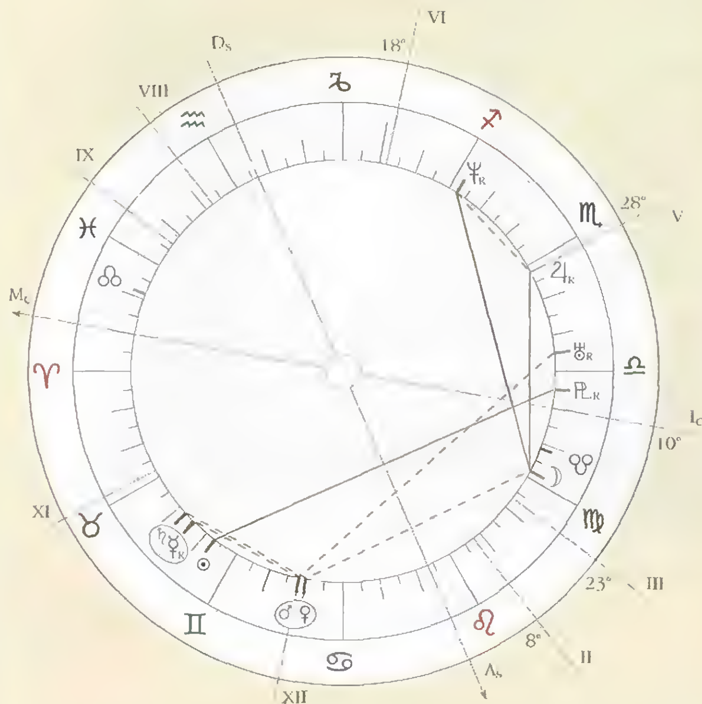
Фройденталь разработал уроки линкоса, которыми должно начинаться первое послание. Первый урок содержит простые понятия математики и логики. Он начинается рядом натуральных чисел, которые передаются последовательностью импульсов (*, **, *** и т. д.). Затем вводятся знаки чисел и понятие «равняется»: * = 1, ** = 2. Каждый знак передаётся импульсом особой формы. После этого демонстрируются арифметические операции: 1 + 2 = 3. Таким образом, неведомый корреспондент проходит курс математики и овладевает понятиями «больше», «меньше», «верно», «неверно», «возрастает», «убывает» и т. д.

КОСМИЧЕСКИЕ ПОСЛАНИЯ. За прошедшие 40 лет люди убедились, что рядом с Землёй нет цивилизаций, передающих сообщения по радио. И земляне решили сами послать весточку неведомым космическим братьям. В 70-х гг. к звёздам были отправлены радиограммы и автоматические зонды с посылками на борту. Каково же было их содержание?





ПРИМЕР ГОРОСКОПА



Планета		Град.	Зн.	☉	☽	☊	☿	♀	♂	♃	♄	♅	♆	♇
Солнце	☉	53,01	♉											△
Луна	☽	151,65	♍	98,64°				Q		✶	Q̃		□	
Узел	☊	338,82	♓	74,19°	172,83									
Меркурий	☿	45,16	♉	7,56°	106,19°	66,64°		⊥			☌			
Венера	♀	79,90	♊	26,89°	71,75°	101,08°	34,14°		☌		⊥			□
Марс	♂	77,29	♊	24,28°	74,36	98,47°	31,83°	2,61				Q̃		
Юпитер	♃	208,37	♎	155,35	56,71°	130,45°	162,91°	128,47°	131,08°				⚺	
Сатурн	♄	43,57	♉	9,45°	108,08	64,75°	1,89	36,33°	33,72°	164,80°				
Уран	♅	185,02	♎	132,01°	33,37	153,80°	139,56°	105,12°	107,73°	23,35°	141,45°			
Нептун	♆	239,71	♏	173,30°	88,06°	99,11°	165,75°	159,81°	162,42°	31,34°	163,86°	54,69°		
Плутон	♇	174,80	♍	121,79°	23,15	164,02°	129,35°	94,90°	97,51°	33,56°	131,24°	10,22°	64,90	

В таблице приведены угловые расстояния между планетами, необходимые для определения аспектов. В гороскопе аспекты обозначены цветными линиями, соединяющими планеты.

☌ — аспект 0° (соединение, совпад),
⚺ — аспект 30°,
⊥ — аспект 36°,
✶ — аспект 60° (секстиль),
Q — аспект 72° (квинтиль),
□ — аспект 90° (квадратура),
Q̃ — аспект 108°,
△ — аспект 120° (тригон, трин).

точек гороскопа (например, асцендентом). На карте аспекты обозначают отрезками, соединяющими планеты. Общий рисунок линий, получившийся в гороскопе, также имеет значение для его трактовки.

О составлении и толковании гороскопов написаны толстые книги. Научиться составлять гороскоп по эфемеридам и таблицам домов в общем легко. Интерпретировать же гороскопы значительно сложнее. Толкование гороскопа — не просто сумма трактовок планет и знаков, найденных в учебниках. Настоящий астролог-профессионал учится в течение долгих лет и постоянно совершенствуется.

Больная для авторитета астрологии проблема заключается в том, что нет объективных критериев, по которым можно было бы отличить астрологов-профессионалов, которые честно работают с гороскопами и хотят понять глубинные законы природы, от шарлатанов, цель которых — лёгкие деньги либо желание заниматься чем-то таинственным.

ЗАДАЧИ АСТРОЛОГИИ

Астрология условно делится на две основные области: *мировую* и *индивидуальную* астрологию.

Мировая астрология исследует судьбы государств, народов, континентов, городов или кораблей. В задачи мировой астрологии входит также предсказание эпидемий, войн, природных катастроф.

Самым популярным разделом индивидуальной астрологии является *натальная* (от *лат.* natal — «рождение») астрология, которая изучает конкретного человека и его судьбу. Натальной картой называется гороскоп, составленный на момент рождения. Сейчас многие астрологи являются профессиональными психологами. Один из подходов в астрологии — *астропсихология* — помогает человеку понять, принять и осознать самого себя. Дэйн Радьяр, автор книги «Личностно-ориентированная астрология», считает, что «...основная цель астрологии — помочь



которых выгравирована «визитная карточка» землян. На ней изображены люди на фоне силуэта космического аппарата (для того чтобы показать масштаб). Мужчина приветственно поднял руку. Внизу показана схема Солнечной системы; линия, протянувшаяся от третьей планеты к маленькому силуэту «Пионера», показывает траекторию полёта. Вверху слева дважды изображён атом водорода. Кружок обозначает орбиту электрона, а палочка с точкой — направление спина (оси собственного вращения) электрона и протона. На правом рисунке спины частиц совпадают, а на левом они противоположны. Каждый физик (в том числе, наверное, и внеземной) знает, что при повороте спинов атом водорода излучает радиоимпульс с частотой 1420 МГц, т. е. с длиной волны 21 см. Эти длина и частота (мера времени) служат единицами всех других расстояний и времён, указанных на рисунке.

Самое важное сообщение зашифровано в «звёздочке» слева от центра. Это наш «обратный адрес»: в середине — Солнце, а протянувшиеся от него лучи указывают направления и расстояния до «радиомаяков» Галактики — пульсаров. Это нейтронные звёзды, быстро вращающиеся и излучающие радиоимпульсы с определённым периодом. У каждого пульсара свой период, который в двоичном коде записан вдоль луча. Всем развитым цивилизациям эти пульсары должны быть известны. А зная их координаты в Галактике, легко найти и положение Солнца. Самый длинный горизонтальный луч указывает направление и расстояние до центра Галактики — «столицы» нашей «звёздной империи».

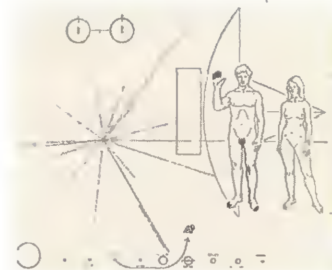
На «Вояджерах» отправлены уже целые посылки: к борту каждого из них прикрепили круглую алюминиевую коробку, положив туда позолоченный видеодиск. Инструкция по его воспроизведению (!) изображена на крышке коробки.

На диске 115 изображений (слайдов), на которых собраны важнейшие научные данные, виды Земли, её материков, различные ландшафты, сцены из жизни животных и человека, их анатомическое строение и биохимическая структура, включая молекулу ДНК.

Кроме изображений на диске записаны и звуки: шёпот матери и плач ребёнка, голоса птиц и зверей (например, «песни» китов), шум ветра и дождя, грохот вулканов и землетрясений, шуршание песка и океанский прибой. Есть даже звук поцелуя, который умело воспроизвели создатели видеодиска.

Человеческая речь представлена на диске короткими приветствиями на 58 языках народов мира. По-русски сказано: «Здравствуйте, приветствую вас!». Особую главу послания составляют достижения мировой музыкальной культуры. На диске записаны произведения Баха, Моцарта, Бетховена, джазовые композиции Луи Армстронга, Чака Берри и народная музыка многих стран.

Получат ли это послание братья по разуму, сейчас сказать трудно. Очень мала эта частичка Земли по сравнению с безбрежными космическими просторами. Но это лишь один из шагов, которые люди начали делать в поисках жизни и разума в космосе, и теперь они уже не остановятся, пока не найдут их.



Пластинка с космическим посланием, находящаяся на борту космического аппарата «Пионер-10», покинувшего Солнечную систему.





СТАТИСТИКА ПРОТИВ АСТРОЛОГИИ

Предрасположенность людей к профессии изучалась американским физиком Дж. Мак-Джерви. Он исследовал, как распределены даты рождения 17 тыс. учёных и 6 тыс. политических деятелей относительно зодиакальных знаков. По мнению Мак-Джерви, распределение оказалось совершенно случайным.

Наиболее интересные результаты в этой области получены парижским статистиком Мишелем Гокеленом. Он изучил архивные данные, содержавшие дату, время и место рождения 41 тыс. жителей Европы; среди них было 16 тыс. известных учёных, артистов, писателей, спортсменов и т. д., а также 25 тыс. «простых людей». Гокелен сопоставил положение планет и созвездий в момент рождения человека с типом его личности и родом занятий. Он сделал вывод, что нет связи между характером и деятельностью человека, с одной стороны, и его знаком Зодиака, положением планет в домах и их взаимными аспектами в момент рождения — с другой.

Психолог из Мичиганского университета (США) Б. Силверман изучил, как влияет зодиакальный знак, соответствующий моменту рождения каждого из супругов, на вероятность их счастливого брака или развода. Были использованы данные о 2978 свадьбах и 478 разводах, зарегистрированных в штате Мичиган в 1967—1968 гг. Учёный сравнил реальные данные с рекомендациями двух независимых астрологов относительно благоприятного и неблагоприятного сочетания знаков для брака. Он заключил: «Положение Солнца в Зодиаке в момент рождения не оказывает влияния на формирование личности».

Ранее подобное исследование предпринял всемирно известный швейцарский психолог Карл Юнг. Он сопоставил лунно-солнечные конфигурации в натальных гороскопах 483 супружеских пар, но не смог обнаружить статистически значимых корреляций (взаимосвязей). Однако Юнг считал, что оценить всё то, что накоплено астрологией за тысячелетия, не так просто. Он говорил: «Статистический взгляд на мир является абсолютно отвлечённым и поэтому неполным и даже ошибочным, когда речь идёт о психологии людей».

АСТРОЛОГИЯ В ЗЕРКАЛЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Станет ли астрология наукой с присущими ей строгостью и жёсткими критериями — ответить на этот вопрос могут только факты. Исследования астрологических прогнозов проводятся уже давно. Однако не всем им можно доверять в равной степени: зачастую для исследования привлекаются прогнозы астрологов низкой квалификации, либо исследователь пытается анализировать гороскопы сам, не имея при этом достаточных астрологических знаний и опыта. Например, работы, где «проанализировано» 20 тыс. гороскопов, вызывают у астрологов улыбку. «Чтобы проанализировать двадцать тысяч гороскопов, не хватит целой жизни», — говорят они. Надо отметить, что в целом работы по проверке прогнозов дают противоречивые результаты.

* * *

Психолог доктор Зденек Рейдак писал: «Известный чешский учёный Рудольф Томашек, обратив своё внимание на астрологию, попытался на основе её методов обнаружить влияние отдельных космических тел на землетрясения. Эти связи — между их эпицентрами и положением отдельных космических тел — он проследил за последние 100 лет. Закономерности, к которым он пришёл, по его мнению, позволяют прогнозировать эти грозные явления природы. С опережением на год Томашек предсказал землетрясение на Аляске и в Ташкенте». По его мнению, в астрологии есть многое, что ещё живо, хотя часть и относится к области иллюзий.

В. В. Печкис в книге «Начала астрологической прогностики» пишет: «...с ростом числа хороших исследований, учебников, верификаций (проверок) прогнозов туманность астрологических законов развеется и достоверность прогнозов возрастёт от теперешних 70% до 85 или 90%. Статус астрологических и метеорологических прогнозов сходен. В метеорологии также не всегда можно принять во внимание известные атмосферные и ионосферные явления, регистрация которых требует новой техники, например спутниковых аэроисследований. Вновь собранный материал позволит улучшить метеорологические прогнозы.

Подобное положение сложилось в астрологии. Известны сотни астрологических законов, но не все мы удовлетворительно понимаем или знаем. Многие из них необходимо уточнить...

Нетрудно понять, почему исследования на высшем научном уровне астрологических прогнозов в некоторых лабораториях не дают результатов. Так, в колледже Беркли в Калифорнии для сотен студентов были составлены астрологические прогнозы. Их соответствие стандартизированному персональному описанию (СПО) должны были оценить сами студенты. Достоверность результатов составляла 50%. При исследовании полученных результатов выяснилось, что студенты не в состоянии опознать свои основные личностные качества. Они не узнают себя по астрологическим прогнозам и не могут составить своё СПО.

...Число таких исследований увеличивается. В Бельгийской академии наук было составлено и исследовано 100 000 астрологических прогнозов, которые по своим результатам положительны».

Русское название	Латинское название	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд, доступных глазу
Золотая Рыба	Dorado	Dor	179	20
Индеец	Indus	Ind	294	20
Кассиопея	Cassiopeja	Cas	598	90
Кентавр (Центавр)	Centaurus	Cen	1060	150
Киль	Carina	Car	494	110
Кит	Cetus	Cet	1230	100
Козерог	Capricornus	Cap	414	50
Компас	Pyxis	Pyx	221	25
Корма	Puppis	Pup	673	140
Лебедь	Cygnus	Cyg	804	150
Лев	Leo	Leo	947	70
Летучая Рыба	Volans	Vol	141	20
Лира	Lyra	Lyr	286	45
Лисичка	Vulpecula	Vul	268	45
Малая Медведица	Ursa Minor	UMi	256	20
Малый Конь	Equuleus	Equ	72	10
Малый Лев	Leo Minor	LMi	232	20
Малый Пёс	Canis Minor	CMi	183	20
Микроскоп	Microscopium	Mic	210	20
Муха	Musca	Mus	138	30
Насос	Antlia	Ant	239	20
Наугольник	Norma	Nor	165	20
Овен	Aries	Ari	441	50
Октант	Octans	Oct	291	35
Орёл	Aquila	Aql	652	70
Орион	Orion	Ori	594	120
Павлин	Pavo	Pav	378	45
Паруса	Vela	Vel	500	110
Пегас	Pegasus	Peg	1121	100
Персей	Perseus	Per	615	90
Печь	Fornax	For	398	35

Русское название	Латинское название	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд, доступных глазу
Райская Птица	Apus	Aps	206	20
Рак	Cancer	Cnc	506	60
Резец	Caelum	Cae	125	10
Рыбы	Pisces	Psc	889	75
Рысь	Lynx	Lyn	545	60
Северная Корона	Corona Borealis	CrB	179	20
Секстант	Sextans	Sex	314	25
Сетка	Reticulum	Ret	114	15
Скорпион	Scorpius	Sco	497	100
Скульптор	Sculptor	Scl	475	30
Столовая Гора	Mensa	Men	153	15
Стрела	Sagitta	Sge	80	20
Стрелец	Sagittarius	Sgr	867	115
Телескоп	Telescopium	Tel	252	30
Телец	Taurus	Tau	797	125
Треугольник	Triangulum	Tri	132	15
Тукан	Tucana	Tuc	295	25
Феникс	Phoenix	Phe	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	Cha	132	20
Цефей	Cepheus	Cep	588	60
Циркуль	Circinus	Cir	93	20
Часы	Horologium	Hor	249	20
Чаша	Crater	Crt	282	20
Щит	Scutum	Sct	109	20
Эридан	Eridanus	Eri	1138	100
Южная Гидра	Hydrus	Hyi	243	20
Южная Корона	Corona Australis	CrA	128	25
Южная Рыба	Piscis Austrinus	PsA	245	25
Южный Крест	Crux	Cru	68	30
Южный Треугольник	Triangulum Australe	TrA	110	20
Ящерица	Lacerta	Lac	201	35

СОБСТВЕННЫЕ ИМЕНА НЕКОТОРЫХ ЯРКИХ ЗВЁЗД

Алгениб	γ Peg	Антарес	α Sco	Денебола	β Leo
Алголь	β Per	Арктур	α Boo	Дубхе	α UMa
Алиот	ε UMa	Астеропа	21 Tau	Гемма	α CrB
Альбирео	β Cyg	Атлас	27 Tau	Канопус	α Car
Альдебаран	α Tau	Беллатрикс	γ Ori	Капелла	α Aur
Алькор	80 UMa	Бенетнаш	η UMa	Кастор	α Gem
Альдерамин	α Cep	Бетельгейзе	α Ori	Майя	20 Tau
Альтаир	α Aql	Вега	α Lyr	Маркаб	α Peg
Альциона	η Tau	Денеб	α Cyg	Мерах	β UMa



максимумами циклов солнечной активности (см. статью «Как Солнце влияет на Землю»). Английский экономист Уильям Джевонс в 1878 г. писал о связи между промышленными кризисами и периодическим ходом солнцедеятельности. Бельгийский астроном Фернан Моро в 1904 г. показал, что солнечные пятна влияют не только на мировой урожай хлеба, но и на урожай винограда, сроки цветения сирени во Франции и прилёта ласточек. С другой стороны, в 1892 г. Уильям Томсон (барон Кельвин), один из крупнейших научных авторитетов той поры, выступил с категорическим отрицанием связи между магнитными бурями и солнечной активностью, основываясь только на умозрительных рассуждениях.

Таково было состояние вопроса о солнечно-биосферных связях, когда летом 1915 г., наблюдая за пятнообразовательной деятельностью Солнца, 18-летний Александр Чижевский обнаружил следующий факт: некоторые периоды усиления пятнообразования совпадали с развёртыванием и обострением военных действий на многих фронтах Первой мировой войны. Это событие стало для замечательного русского учёного-энциклопедиста Александра Леонидовича Чижевского началом его многолетних систематических исследований солнечно-биосферных связей, заложивших основы новой науки — *гелиобиологии.*

Александр Леонидович Чижевский.



Заинтересовавшись синхронностью процесса пятнообразования на Солнце и хода военных действий. Чижевский в течение нескольких месяцев наблюдал за своими знакомыми и пришёл к выводу, что у некоторых из них с ростом числа солнечных пятен повышалась нервная возбудимость. Результатом его дальнейших исследований в этом направлении стала работа «О соотношении между периодической деятельностью Солнца и преступностью».

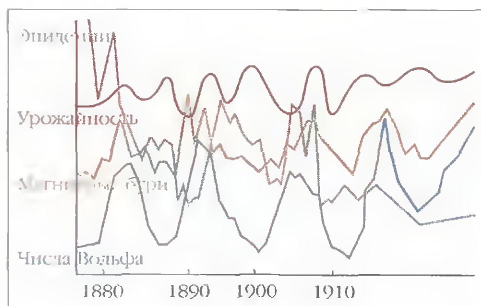
Осенью 1915 г. Чижевский выступил в Московском археологическом институте с докладом «Периодическое влияние Солнца на биосферу Земли». Опираясь на сравнительно немногочисленные, однако охватывающие разные страны и материки факты и наблюдения, учёный высказал смелые предположения о влиянии солнечной активности на такие массовые феномены, как заболевания и смертность. Даже эти предварительные данные позволили Чижевскому сформулировать основное положение своего учения: развитие органического мира не является процессом самостоятельным, замкнутым на самом себе, напротив, это результат действия земных и космических факторов, из которых вторые являются главнейшими. Иными словами, жизнь в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное.

В мае 1917 г. Чижевский защитил докторскую диссертацию на тему «Физические факторы исторического процесса». В ней он проанализировал важнейшие исторические события начиная с V в. до н. э. и кончая 1917 г. Сведения о солнечной активности в этом временном интервале частично взяты из опубликованных работ, частично восстановлены самим автором по древнекитайским и арабским хроникам, русским и армянским летописям и западноевропейским городским анналам.

Чижевский показал, что значительные исторические события имеют хорошо выраженную тенденцию повторяться примерно через 100 лет, а внутри каждого столетия отчётливо вырисовываются ровно девять периодов максимальных напряжений человеческой деятельности. Таким образом, за минимальную естественную единицу отсчёта исторического времени был принят 11-летний период (*историометрический цикл*, по терминологии Чижевского), что совпадает со средней продолжительностью цикла солнечной активности. В годы максимумов Землю потрясали самые кровавые мятежи и революции, войны и крестовые походы, массовая резня и избиения иноверцев. В это время на историческую арену выступали народные и духовные вожди, реформаторы, полководцы и государственные деятели, такие, как Ганнибал, Спартак, Цезарь, Аттила, Мухаммед, Тимур, Жанна д'Арк, Лютер, Минин и

Название	Кем открыт	Год	Блеск в звёздных величинах	Радиус орбиты, тыс. км	Период обращения, сут.	Наклонение орбиты в градусах	Радиус, км	Масса, 10^{20} кг
Янус	О. Дольфюс	»	14,5	151,47	0,695	0,14	110 × 80	—
Мимас	У. Гершель	1789	12,9	185,52	0,942	1,53	195	0,38
Энцелад	»	»	11,7	238,02	1,37	0,02	250	0,84
Тефия	Дж. Кассини	1684	10,2	294,66	1,888	1,09	525	7,55
Телесто	Б. Смит и др.	1980	18,7	294,66	1,888	(0)	(12)	—
Калипсо	»	»	19,0	294,66	1,888	(0)	15 × 10	—
Диона	Дж. Кассини	1684	10,4	377,40	2,737	0,02	560	10,5
Елена	П. Лак и др.	1980	18, 4	377,40	2,737	0,2	18 × 15	—
Рея	Дж. Кассини	1672	9,7	527,04	4,518	0,35	765	24,9
Титан	Х. Гюйгенс	1655	8,3	1221,85	15,945	0,33	2575	1350
Гиперион	Дж. Бонд, У. Бонд, У. Ласселл	1848	14,2	1481,0	21,277	0,43	175 × 100	—
Япет	Дж. Кассини	1671	10,2–11,9	3561,3	79, 331	14,72	720	18,8
Феба	У. Пикеринг	1898	16,5	12952,0	550,48	175,3	110	—
Спутники Урана								
Корделия	«Вояджер-2»	1986	24	49,75	0,335	(0,14)	(15)	—
Офелия	»	»	24	53,76	0,376	(0,09)	(15)	—
Бианка	»	»	23	59,16	0,435	(0,16)	(20)	—
Крессида	»	»	22	61,77	0,464	(0,04)	(35)	—
Дездемона	»	»	22	62,66	0,474	(0,16)	(30)	—
Джульетта	»	»	22	64,36	0,493	(0,06)	(40)	—
Порция	»	»	21	66,10	0,513	(0,09)	(55)	—
Розалинда	»	»	23	69,93	0,558	(0,28)	(30)	—
Белинда	»	»	22	75,26	0,624	(0,03)	(35)	—
Пэк	»	1985	20	86,01	0,762	(0,31)	75	—
Миранда	Дж. Койпер	1948	16,3	129,78	1,414	3,40	235	0,689
Ариэль	У. Ласселл	1851	14,2	191,24	2,52	0,00	580	12,6
Умбриэль	»	»	14,8	264,97	4,144	0,00	585	13,3
Титания	У. Гершель	1787	13,7	435,84	8,706	0,00	790	34,8
Оберон	»	»	13,9	582,60	13,463	0,00	760	30,3
Спутники Нептуна								
Наяда	«Вояджер-2»	1989	25	48,00	0,296	(0)	(25)	—
Таласса	»	»	24	50,00	0,312	(4,5)	(40)	—
Деспина	»	»	23	52,50	0,333	(0)	(90)	—
Галатея	»	»	22	62,00	0,429	(0)	(75)	—
Ларисса	»	»	22	73,60	0,554	(0)	(95)	—
Протей	»	»	20	117,60	1,121	(0)	(200)	—
Тритон	У. Ласселл	1846	13,5	354,80	5,877	157	1350	214
Нереида	Дж. Койпер	1949	18,7	5562,4	360,16	29	(170)	—
Спутник Плутона								
Харон	Дж. Кристи	1978	16.8	19,64	6,387	98,8	593	18





Связь солнечной активности с биосферными проявлениями.

Сейчас установлено, что магнитное поле влияет прежде всего на регуляторные системы организма (нервную, эндокринную и кровеносную). Его воздействие затормаживает условные и безусловные рефлексы, меняет состав крови. Такая реакция на магнитное поле объясняется в первую очередь изменением свойств водных растворов в организме человека.

В 1934 г. английские учёные Джон Бернал и Ральф Фаулер высказали гипотезу, что вода иногда может проявлять свойства, присущие твёрдым кристаллам. Впоследствии эта гипотеза была экспериментально подтверждена, а в наше время жидкие кристаллы широко распространены в быту: они применяются в электронных часах, калькуляторах, пейджерах и других устройствах. В обычных условиях кристаллическая структура воды крайне неустойчива и слабо себя проявляет. Но если воду пропустить через постоянное магнитное поле, эта структура становится заметной, а сама вода приобретает ряд необычных свойств. Так, «намагниченная» вода даёт гораздо меньше накипи, изменяется её диэлектрическая проницаемость, она иначе поглощает свет, а прорастание семян и рост растений, обработанных такой водой, происходят гораздо быстрее.

В любом живом организме более 70% воды, которая составляет неотъемлемую часть клеток и тканей. Если предположить, что для «намагничивания» воды внутри организма достаточно даже относительно слабого магнитного поля Земли, то в периоды магнитных бурь следует ожидать резкого изменения процессов жизнедеятельности. Поскольку эти процессы протекают на клеточном уровне, магнитная буря будет вызывать изменения в поведении всего живого, начиная с человека и кончая микробом. Вот почему в годы активного Солнца могут происходить столь несхожие события, как Варфоломеевская ночь и опустошительные набеги саранчи.

* * *

Итак, мы теперь уже не можем представлять нашу Землю как удобный космический корабль, надёжно защищающий нас от всех воздействий извне. Наоборот, Земля живёт по существу во внешней короне Солнца и потому не только получает от него свет и тепло, но и подвергается переменным воздействиям со стороны гамма-, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, а также солнечного ветра и космических лучей. Всё это сопровождается различными, порой даже катастрофическими, изменениями в магнитосфере, атмосфере, гидросфере, биосфере, а возможно, и в твёрдой оболочке Земли. Перефразируя известную поговорку, можно сказать: все мы под Солнцем ходим.

НЕОПОЗНАННЫЕ ЛЕТАЮЩИЕ ОБЪЕКТЫ (НЛО)

В последние десятилетия XX в. о *неопознанных летающих объектах* (НЛО) часто сообщают радио- и телепередачи; им посвящены книги и бюллетени, а также лекции энтузиастов *уфологии* (от *англ.* unidentified flying object, или UFO, — «неотождествлённый летающий объект»). Речь в них в основном идёт о случайных наблюдениях необычных объектов или атмосферных явлений, об обнаружении непонятных сооружений, их остатков, следов на земле и даже о встречах с пришельцами из космоса.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЁН



Заключение официальной комиссии по итогам проекта гласило, что сообщения об НЛО вызваны различными атмосферными и техническими явлениями, известными науке и безопасными для населения страны. Но многих энтузиастов такой вывод не удовлетворил. Газеты даже обвинили ВВС в том, что они скрывают доказательства внеземного происхождения НЛО и присутствия на Земле представителей иных цивилизаций. Чтобы оправдаться в глазах общественности, командование ВВС было вынуждено обратиться к независимым экспертам с просьбой о дополнительном расследовании. В октябре 1966 г. был заключён контракт с университетом Колорадо, по которому группа физиков под руководством Эдварда Кондона в течение двух лет занималась изучением сообщений об НЛО.

В январе 1969 г. был опубликован отчёт Кондона «Научное исследование неопознанных летающих объектов». На 1000 страниц отчёта было немало любопытного, однако в заключении Кондон отметил, что не существует никаких доказательств того, что НЛО являются космическими кораблями пришельцев или же источником военной угрозы. Следуя рекомендациям комиссии, 17 декабря 1969 г. ВВС упразднили проект «Синяя книга» и прекратили изучение НЛО. С тех пор в США этим занимаются только общественные организации.

«ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ФЕНОМЕН»

Это произошло в 1977 г. и вот как было описано в газете «Известия»: «Жители Петрозаводска явились свидетелями необычного явления природы. 20 сентября около четырёх часов утра на тёмном небе вдруг вспыхнула огромная «звезда», импульсивно посылавшая на землю снопы света. Эта «звезда» медленно двигалась к Петрозаводску и, распластавшись над ним в виде огромной «медузы», повисла, осыпая город множеством тончайших лучевых струй, которые производили впечатление проливного дождя.

Через некоторое время лучевое свечение прекратилось. «Медуза» обернулась ярким полукругом и возобновила движение в сторону Онежского озера, горизонт которого окутывали серые облака. В этой пелене потом образовалась полукруглая промоина ярко-красного цвета в середине и белая по бокам. Всё явление, по свидетельствам очевидцев, продолжалось 10 — 12 минут».

Этот случай получил огромный общественный резонанс. Было выдвинуто множество научных и ненаучных гипотез. Однако наши и зарубежные специалисты по этим вопросам уверенно отождествляют «петрозаводский феномен» с запуском спутника «Космос-955», произведённым с космодрома Плесецк в Архангельской области 20 сентября 1977 г. в 4 ч по московскому времени. Расчёт видимости полёта ракеты хорошо совпадает с тем, что наблюдалось из Петрозаводска и его окрестностей.



Фотография газовых струй, испускаемых космической ракетой при её запуске.



Рисунок очевидца «петрозаводского феномена».

КТО И ГДЕ ИЗУЧАЕТ НЛО СЕЙЧАС?

Энтузиасты уфологии во многих странах объединены в различные общества и клубы. Первые из них возникли в США ещё в начале 50-х гг.: Организация по исследованию атмосферных явлений, Всеобщая сеть НЛО и др. В наши дни активно действует созданный в 1974 г. в Нортфилде (штат Иллинойс) Центр по изучению НЛО, первым руководителем которого был известный энтузиаст уфологии Дж. А. Хайнек. Центр регулярно проводит конференции, выпускает бюллетень «Международный информатор по НЛО» и ежегодник «Журнал исследований НЛО». Всего в мире насчитывается не менее 50 активных общественных организаций по изучению НЛО: они есть во многих странах Европы, в Китае, Индии и др.

В нашей стане всплеск интереса к НЛО вызвал «петрозаводский феномен», наблюдавшийся на северо-западе России 20 сентября 1977 г. После этого одна за другой стали создавать-





Венера на вечернем небе бывает столь яркой, что её часто принимают за НЛО.



На обычной астрофотографии появилось вдруг изображение странного «аппарата» (вверху кадра). Позже выяснилось, что линзы телескопа построили такое изображение яркой звезды, находившейся вне поля зрения.

самолёта: его форма часто бывает причудливой, а движение — очень странным, потому что оно реагирует на малейшие изменения курса.

Луна и днём бывает неплохо видна, но многие об этом не подозревают. Случайно увидев «ночное светило» в дневное время, некоторые люди теряются и не узнают Луну.

У горизонта Луна, как известно, кажется намного больше, чем тогда, когда она высоко в небе. Здесь физиологическая особенность зрения вводит людей в заблуждение. В результате всех описанных выше эффектов Луну очень часто принимают за НЛО.

Многое из сказанного о Луне относится и к Венере, которую тоже часто принимают за НЛО. Как правило, это происходит в период вечерней видимости Венеры. Не все знают, что «утренняя звезда» — Венера — бывает очень яркой и по вечерам. В средних широтах она особенно хорошо видна весной, когда сумерки наступают сравнительно рано и Венера долго остаётся над горизонтом после захода Солнца. Ближе к экватору её видимость практически не зависит от времени года.

АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. Существует два типа физических объектов, безусловно «замешанных» в историях с НЛО: это облака и метеоры. В горных районах часто встречаются облака очень правильной линзообразной формы. Иногда это одно облако на совершенно ясном небе, но могут быть и цепочки-«эскадрильи» из облаков. Они вызывают удивление не только в наше время: на картинах старых мастеров на таких облаках изображались святые. Теперь их место заняли пилоты НЛО.

Яркие метеоры и болиды также издавна вызывают удивление и становятся источниками мифов и легенд. Болид бывает виден даже днём, причём после того как он пролетит, ещё долго можно наблюдать дымный шлейф. Случается, что полёт космического «гостя» не заканчивается на Земле, — он может вылететь обратно в космос, как это было 10 августа 1972 г. над штатом Вайоминг (США). Некоторые материалы «внеземного происхождения», которые иногда обнаруживают, также оказываются связанными с падением метеоритов.

▸ Кумулятивные облака нередко принимают формы, напоминающие описанные уфологами НЛО.







ма, минуя штаты Луизиана и Техас. В разные моменты находившиеся в кабине члены экипажа видели объект как яркий источник света. Он фиксировался наземными радиолокационными станциями и РЭП на борту РБ-47. Этот случай особенно интересен тем, что мгновенное появление и исчезновение объекта наблюдалось тремя физически различными методами: визуально, радаром и РЭП. Интересно также, что манёвры объекта выполнялись с такой скоростью, которая выходила далеко за пределы того, с чем когда-либо приходилось встречаться экипажу».

Ещё одно описание из той же книги, вновь со ссылкой на отчёт Кондона. Случилось это в ночь с 13 на 14 августа 1956 г. в Лейкенхите (Англия): «По меньшей мере один НЛО был зафиксирован контрольными диспетчерскими локаторами двух станций англо-американских ПВО. Одновременно его наблюдали и визуально. Это был круглый белый объект, который быстро перемещался и внезапно менял направление движения. Предпринята попытка перехвата его истребителем ВВС. Контрольный радиолокатор вывел самолёт на НЛО, и пилот сообщил, что цель на его бортовом радаре видна и он готов открыть огонь. НЛО, описав петлю, пристроился за самолётом и «сидел на хвосте», несмотря на все попытки пилота оторваться. Инцидент закончился тем, что истребитель вернулся на базу из-за нехватки горючего. Погода была ясная, с хорошей видимостью».

Удовлетворительного объяснения эти и им подобные случаи не получили. Их описания страдают многими недостатками, затрудняющими отождествление: не приведены угловые размеры и координаты, точное время, атмосферные условия и т. д.

БИЗНЕС И ЛЕТАЮЩИЕ ТАРЕЛКИ

Небольшой американский город Росуэлл (49 тыс. жителей) в силу стечения обстоятельств стал своего рода находкой для индустрии развлечений. Сообщения о падениях странных аппаратов в окрестностях города и о находках останков человекоподобных существ весьма эффективно используются предприимчивыми дельцами. В городе три музея. Регулярно проводятся фестивали НЛО, привлекающие сюда ежегодно более 90 тыс. туристов. Продаются всевозможные сувениры: куклы, изображающие «пришельцев» ($ 30 за штуку), кружки, майки, шляпы ($ 20—50) и т. д. Можно купить щепотку земли с места падения аппарата. Дешевле — сфотографироваться с «маленьким пришельцем из другого мира» ($ 2.50) или купить значок с единственным словом «Верю» ($ 2). Ежегодный доход города от этой деятельности составляет более 5 млн долларов.

Настоящей золотоносной жилой стал Росуэлл для литературного и кинобизнеса. Лента киностудии «XX век Фокс» «День независимости», базирующаяся на росуэллских происшествиях, принесла за первые две недели проката 160 млн долларов.

В 70-е гг., после разоблачения неблаговидной деятельности некоторых высших федеральных чиновников, родилась легенда о правительственном заговоре с целью любыми средствами скрыть следы посещения Земли инопланетянами; эта легенда эксплуатируется до сих пор, способствуя повышению скандального интереса к «пришельцам».

Российский журналист Н. Зубков, побывавший в Росуэлле, пришёл к выводу: «...борьба с индустрией, приносящей миллиарды долларов ежегодно, безнадёжна».

ВСТРЕЧИ С ПИЛОТАМИ НЛО

Последнее, о чём надо упомянуть, — это сообщения о встречах с пришельцами. Уфологи коллекционируют такие сведения и классифицируют их: контакт первого рода — увидел; второго рода — вступил в диалог и т. д. По внешнему виду пилоты НЛО также разделены на типы: карлики, гиганты, зелёные, серебристые... Но для человека непредубеждённого в этих сообщениях важно одно — можно ли им доверять? Длинные рассказы о встречах и совместных путешествиях с пришельцами на летающих тарелках, опубликованные большими тиражами, часто связаны с коммерческими интересами их авторов. Они являются своего рода жанром фантастики.

Однако нередки и другие сообщения — от людей, явно не заинтересованных в продаже сенсационных измышлений. Они искренне уверены в том, что наблюдали незнакомых существ и даже общались с ними. Здесь уже мы соприкасаемся с малоисследованными глубинами человеческой психики. Но эта тема скорее относит-



▸
Президент США Джордж Буш с инопланетянином. Фальшивка американской газеты «Weekly World News».

▸▸
Как создаются фотографии с «пришельцами». На врезке показан оригинал фотографии, изображающей американских астронавтов. Потом в неё впечатали изображение «пришельца».





«СЛЕДЫ ПОСАДКИ» НЛО

В 80-е гг. по телевидению и в журнальных статьях не раз говорилось о загадочных кругах на хлебных полях Великобритании. Внутри круга диаметром несколько метров колосья были прижаты к земле в строгом порядке, обычно по часовой стрелке. Как правило, в своих репортажах корреспонденты связывали появление этих кругов с НЛО и не обсуждали другие гипотезы. Между тем таинственные круги действительно долгое время (с 1980 по 1991 г.) казались необъяснимыми, и ими заинтересовалось немало специалистов. Со временем геометрия рисунков в кругах становилась всё более сложной: в них появлялись концентрические окружности и радиальные линии. Но в конце концов мистификация раскрылась: оказалось, что двое шутников создавали эти круги по ночам с помощью простого приспособления из палки и верёвки. Много лет они дурачили весь мир, давая повод для сенсационных заявлений целой армии «специалистов по тарелочкам».

ГОРОЖАНЕ И ТАРЕЛКИ

30 июля 1989 г. газета «Социалистическая индустрия» сообщила, что в московском районе Орехово-Борисово обнаружены следы посадки НЛО. На обочине Каширского шоссе появилась странная окружность 5—6 м в диаметре; трава внутри неё была пожухлая, примятая, а края опалены. С наружной стороны круга недалеко от его края симметрично располагались четыре небольшие ямки. Опрос местных старушек и визит в ближайшую пожарную часть быстро прояснили ситуацию: на полянке стоял стог сена; он загорелся, был потушен, а остатки его увезли.

Подобные «следы НЛО» часто находят на лугах или лесных полянах — там, где обычно косят траву и складывают её в стога. Когда стог увозят, то на этом месте долго ещё виден характерный круг пожухлой травы. Если же стог случайно сгорает, то поверхность земли внутри круга бывает опалена. А три-четыре углубления по периметру — это следы от жердей, которыми прижимают сено. Характерно, что сообщения о подобных «находках», поступают, как правило, от городских жителей.

ся к медицине и психологии, чем к астрономии.

* * *

Можно сделать вывод, что иногда редкие природные (а в последнее время, и технические) феномены не отождествляются большинством людей с известными им явлениями и потому вызывают особый интерес и принимаются за НЛО. В каждый исторический период представления об НЛО соответствуют уровню общественного сознания. В Средние века их считали небесными знамениями, а в наше время принимают за космические корабли инопланетян.

К сожалению. уфология в её нынешнем виде редко занимается непредвзятым поиском истины. Чаще люди ищут в уфологии причастности к чему-то таинственному или к «большой науке», не желая при этом напряжённо изучать её основы.

Интерес же ко всему необычному, в том числе и к летающим тарелкам, — это нормальное проявление человеческой любознательности. Кроме того, серьёзный анализ содержания сообщений об НЛО может быть полезен как для расширения кругозора любителей науки, так и для выявления действительно новых и необычных природных феноменов. Многие любители астрономии, имеющие опыт самостоятельных наблюдений и знакомые с разнообразными небесными явлениями, интересуются анализом сообщений об НЛО.

ЗВЁЗДНОЕ НЕБО НАД НАМИ



содержащий большое количество твёрдых пылинок. Но именно из газопылевого диска, когда-то окружавшего молодое Солнце, возникли Земля и другие планеты Солнечной системы. Не являются ли диски у звёзд признаком того, что вблизи них образовались или образуются планеты?

В одном случае, у сравнительно близкой к нам звезды β Живописца (её светимость в десятки раз выше, чем у Солнца), излучение пылевого диска удалось обнаружить не только в инфракрасных, но и в видимых лучах — как наземными телескопами, так и на Хаббловском космическом телескопе.

Наибольший интерес представляют газопылевые диски у формирующихся звёзд — только в них может в настоящее время происходить зарождение планетных систем. В 90-е гг. на Хаббловском телескопе были впервые получены резкие изображения пылевых дисков вокруг целого ряда молодых звёзд. Эти диски состоят из того же вещества, из которого сформировались сами звёзды, — холодного молекулярного газа и пыли. Их видимые диаметры достигают нескольких сот астрономических единиц, так что вся наша планетная система — от Меркурия до Плутона — заняла бы только центральную, наиболее плотную часть такого диска.

Конечно, наличие газопылевого диска — это ещё не доказательство существования планет: если его плотность очень низка, планеты просто не смогут образоваться. Но сама распространённость дисков позволяет считать такой процесс весьма вероятным. Если эволюция происходит по тому же сценарию, что и в Солнечной системе, то со временем основная часть газа должна испариться, диск — стать прозрачным, а затем практически исчезнуть, оставив после себя семейство планет.

Таким образом, следующий шаг в этих исследованиях — непосредственное обнаружение рядом со звёздами типа Солнца тел с массами, характерными для планет. И этот шаг был сделан.



Газопылевой диск звёзды β Живописца (инфракрасное изображение). Масса диска — около 200 масс Земли, протяжённость — 400 а. е.

МЕТОДЫ ПОИСКА ПЛАНЕТ

Первый способ поиска планет — классический, называемый обычно *астрометрическим*. Он уже давно опробован для поиска двойных звёзд, где одна из составляющих имеет низкую яркость и её нелегко обнаружить оптически. Планета, обращающаяся вокруг звезды, воздействует на неё своей гравитацией, отклоняя звезду от прямолинейного движения то в одну, то в другую сторону. Измеряя траекторию движения звезды, можно выявить эти отклонения, если они не слишком малы. Интервал, с которым происходят такие колебания, должен равняться периоду обращения планеты. При известной массе звезды это позволяет определить расстояние от неё до планеты, которое связано с периодом через третий закон Кеплера. А зная размах колебания, по закону всемирного тяготения не сложно вычислить и массу планеты. Колебания звезды, вызываемые планетой, однако, очень малы и их трудно измерить. Для реализации этого способа требуются большие оптические телескопы, а в перспективе — и радиоинтерферометры.

Второй метод обнаружения планет — прямое выделение их слабого оптического излучения. Чтобы свести влияние света самой звезды к минимуму, планируются наблюдения в

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА



звёздами как холодное и не освещённое никаким источником света изолированное тело (если, конечно, такие планеты вообще существуют).

Второй механизм переменности действует, только если орбита планеты так удачно ориентирована по отношению к наблюдателю, что планета в своём орбитальном движении периодически проецируется на диск звезды. В этом случае один раз за каждый оборот она будет затмевать небольшую часть звёздного диска, немного уменьшая приходящий световой поток (аналогичные события периодически наблюдаются с Земли, когда Меркурий или Венера проходит по диску Солнца). Изменения яркости звезды при этом будут очень малы, и их нелегко отличить от случайных колебаний блеска, связанных, например, с переменностью звезды или наличием на её поверхности тёмных пятен. Однако при достаточно длительных наблюдениях это можно сделать.

Наконец, четвёртый способ найти планету — это отслеживать изменение скорости звезды с точностью порядка 20—30 м/с (а лучше — до нескольких метров в секунду), что вполне реально с использованием современной техники спектральных наблюдений. Притяжение планеты вызывает периодические изменения скорости звезды. Чем массивнее планета или чем ближе она к звезде, тем больше будет амплитуда этих изменений.

К примеру, Земля вращается вокруг Солнца со скоростью около 30 км/с, но и она своим притяжением «сдвигает» гигантское Солнце, заставляя его центр описывать небольшую окружность диаметром около 900 км. Скорость движения Солнца под действием Земли при этом очень мала — менее 0,1 м/с. Такую величину невозможно измерить экспериментально. Но вот Юпитер, как более массивная планета, своим притяжением сообщает Солнцу скорость около 12 м/с, а если бы он находился на орбите Земли, то скорость составила бы 28 м/с. Такие скорости уже можно измерять у других звёзд с использованием специальной техники получения спектров.

Измерение скоростей основано на эффекте Доплера (так называют изменение частоты электромагнитных волн, или, что одно и то же, сдвиг спектральных линий при движении источника света относительно наблюдателя). Правда, по эффекту Доплера измеряется не полная скорость, а только лучевая, т. е. скорость приближения или удаления источника, и это рождает некоторую неопределённость в оценках. Но тем не менее именно таким путём была открыта первая планета у звезды типа Солнца.

ПЕРВЫЕ ОТКРЫТИЯ

В 1995 г. шведские астрономы М. Мейор и Д. Гуелоз сообщили об обнаружении периодических колебаний лучевой скорости звезды с видимой звёздной величиной 5,5. Эта звезда, известная как 51 Пегаса, является почти точной копией Солнца и удалена от нас на расстояние около 50 световых лет. Измеряемая скорость звезды периодически меняется на несколько десятков метров в секунду. Если это изменение скорости действительно связано с наличием планеты, то её расстояние от звезды должно быть удивительно малым — всего 0,05 а. е., так что в Солнечной системе она располагалась бы глубоко внутри орбиты Меркурия. Период её обращения чуть более четырёх земных суток, а масса довольно значительна — порядка массы Юпитера. Сравнительно большая масса и малый радиус орбиты облегчили обнаружение планеты.

Вскоре это открытие подтвердили американские астрономы Дж. Марси и П. Батлер. На Ликской обсерватории они начали многолетние наблюдения 120 близких звёзд типа Солнца или холоднее его, чтобы с предельно высокой точностью измерять колебания скоростей их движения, если таковые существуют. Эта программа поиска планет через несколько лет кропотливого труда начала приносить свои плоды. Точность измерения скоростей была



доведена до 3—4 м/с. Вслед за 51 Пегаса колебания скорости, по-видимому связанные с планетами, были найдены у двух звёзд типа Солнца 5-й звёздной величины: 47 Большой Медведицы (период обращения планеты около трёх земных лет, радиус орбиты около 2 а. е.) и 70 Девы (период около трёх земных месяцев, радиус орбиты 0,4 а. е.), а затем и у целого ряда других звёзд.

Правда, из-за отсутствия данных об ориентации орбит можно оценить только нижний предел массы каждой планеты. Но уже сейчас ясно, что характерная масса найденных планет примерно такая же, как у Юпитера, или в несколько раз выше, т. е. эти объекты никак нельзя отнести к коричневым карликам.

Теперь перед учёными встало множество новых проблем. Почему у одних звёзд имеются планеты, сравнимые по массе с Юпитером, а у других (и таких оказалось большинство) — их нет? Как планеты-гиганты могли образоваться на близком расстоянии от звезды, а если они возникли



Схема планетных систем звёзд 51 Пегаса, 70 Девы и 47 Большой Медведицы в сравнении с Солнечной системой.

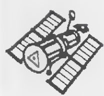
ПЛАНЕТЫ, КОТОРЫХ НИКТО НЕ ОЖИДАЛ

Наряду с планетами-гигантами вблизи звёзд наверняка существуют и планеты земного типа. Но обнаружить их гораздо труднее — слишком малое влияние они оказывают на движение звёзд.

Впрочем, и их можно найти — в том случае, если эти планеты обращаются вблизи нейтронных звёзд, наблюдаемых как пульсирующие радиоисточники — пульсары. В спектрах этих компактных звёзд нет спектральных линий, более того, за редким исключением они вообще не видны в оптическом диапазоне. Но излучаемые ими радиоимпульсы имеют настолько строгую периодичность, что для них также можно использовать эффект Доплера: частота следования импульсов меняется по тому же закону, что и частота световых волн. Регистрируя моменты прихода радиоимпульсов, за месяцы или годы наблюдений можно «отследить» изменение лучевой скорости пульсара во много раз точнее, чем скорости обычной звезды оптическими методами, а следовательно, открыть планеты меньших масс, если они присутствуют в системе пульсара.

Первое сообщение об открытии планетной системы вокруг пульсара появилось в 1992 г. Его сделал американский радиоастроном А. Вольжан, исследовавший на 300-метровом радиотелескопе на острове Пуэрто-Рико излучение пульсара PSR 1257+12. Анализируя изменения периодичности импульсов по данным многомесячных наблюдений, он пришёл к выводу, что пульсар окружён орбитами как минимум трёх планет. Две из них по массе в три с половиной раза превосходят Землю (уже не Юпитер!) и располагаются на расстояниях 0,36 и 0,47 а. е. от пульсара, а третья — с массой лишь немногим больше массы Луны — имеет радиус орбиты 0,19 а. е.

Остаётся, правда, неясным, имеют ли эти планеты ту же природу, те же свойства, что и планеты Солнечной системы, находясь рядом с таким экзотическим объектом, как пульсар, или это «огарки» от некогда более крупных тел. Как повлияла на них близость к звезде? Ведь прежде чем звезда стала пульсаром, она прошла стадию красного гиганта, а при этом её размер должен был превысить радиус орбиты по крайней мере самой близкой к ней планеты. Как пережили планеты взрыв сверхновой, при котором, как предполагают, возникает нейтронная звезда? Образовались ли они вблизи центральной звезды, или приблизились к ней в процессе эволюции?



дальше, что привело к уменьшению их орбит? Смогли ли близкие к звезде планеты сохранить свои газовые оболочки? Почему, как показали измерения, не все найденные планеты имеют круговые орбиты, некоторые (например, вокруг 70 Девы) движутся по довольно вытянутым эллипсам, хотя орбиты всех больших планет Солнечной системы очень близки к окружностям?

Ясно одно: условия, в которых формировались планеты даже у звёзд, похожих на Солнце, были различными, так что планетные системы у других звёзд не обязательно являются копией нашей планетной системы.

ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Нет ничего более волнующего, чем поиски жизни и разума во Вселенной. Уникальность земной биосферы и человеческого интеллекта бросает вызов нашей вере в единство природы. Человек не успокоится, пока не разгадает загадку своего происхождения. На этом пути необходимо пройти три важные ступени: узнать тайну рождения Вселенной, решить проблему происхождения жизни и понять природу разума.

Изучением Вселенной, её происхождения и эволюции занимаются астрономы и физики. Исследованием живых существ и разума заняты биологи и психологи. А происхождение жизни интересует всех: астрономов, физиков, биологов, химиков. К сожалению, нам знакома только одна форма жизни — белковая — и только одно место во Вселенной, где эта жизнь существует, — планета Земля. А уникальные явления, как известно, с трудом поддаются научному исследованию. Вот если бы удалось обнаружить другие населённые планеты, тогда загадка жизни была бы решена гораздо быстрее. А если бы на этих планетах нашлись разумные существа... Дух захватывает, стоит только представить себе первый диалог с братьями по разуму.

Но каковы реальные перспективы такой встречи? Где в космосе можно найти подходящие для жизни места? Может ли жизнь зарождаться в межзвёздном пространстве, или для этого необходима поверхность планет? Как связаться с другими разумными существами? Вопросов много...

ПОИСКИ ЖИЗНИ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Луна — единственное небесное тело, где смогли побывать земляне и грунт которого подробно исследован в лаборатории. Никаких следов органической жизни на Луне не найдено.

Дело в том, что Луна не имеет и никогда не имела атмосферы: её слабое поле тяготения не может удерживать газ вблизи поверхности. По этой же причине на Луне нет океанов — они бы испарились. Не прикрытая атмосферой поверхность Луны днём нагревается до 130 °С, а ночью остывает до –170 °С. К тому же на лунную поверхность беспрепятственно проникают губительные для жизни ультрафиолетовые и рентгеновские лучи Солнца, от которых Землю защищает атмосфера. В общем, на поверхности Луны для жизни условий



▸ Астронавты на безжизненной поверхности Луны.



нет. Правда, под верхним слоем грунта, уже на глубине 1 м, колебания температуры почти не ощущаются: там постоянно около –40 °С. Но всё равно в таких условиях жизнь, вероятно, не может зародиться.

На ближайшей к Солнцу маленькой планете **Меркурий** ещё не побывали ни космонавты, ни автоматические станции. Но люди кое-что знают о ней благодаря исследованиям с Земли и с пролетавшего вблизи Меркурия американского аппарата «Маринер-10» (1974 и 1975 гг.). Условия там ещё хуже, чем на Луне. Атмосферы нет, а температура поверхности меняется от –170 до 450 °С. Под грунтом температура в среднем составляет около 80 °С, причём с глубиной она, естественно, возрастает.

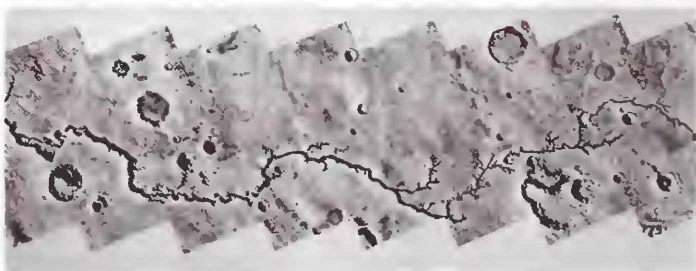
Венеру в недавнем прошлом астрономы считали почти точной копией молодой Земли. Строились догадки, что скрывается под её облачным слоем: тёплые океаны, папоротники, динозавры? Увы, из-за близости к Солнцу Венера совсем не похожа на Землю: давление атмосферы у поверхности этой планеты в 90 раз больше земного, а температура и днём, и ночью около 460 °С. Хотя на Венеру опустилось несколько автоматических зондов, поиском жизни они не занимались: трудно представить себе жизнь в таких условиях. Над поверхностью Венеры уже не так жарко: на высоте 55 км давление и температура такие же, как на Земле. Но атмосфера Венеры состоит из углекислого газа, к тому же в ней плавают облака из серной кислоты. Словом, тоже не лучшее место для жизни.

Марс не без оснований считался пригодной для жизни планетой. Хотя климат там очень суровый (летним днём температура составляет около 0 °С, ночью –80 °С, а зимой доходит до –120 °С), но всё же это не безнадёжно плохо для жизни: существует же она в Антарктиде и на вершинах Гималаев. Однако на Марсе есть ещё одна проблема — крайне разреженная атмосфера, в 100 раз менее плотная, чем на Земле. Она не спасает поверхность Марса от губительных ультрафиолетовых лучей Солнца и не позволяет воде находиться в жидком состоянии. На Марсе вода может существовать только в виде пара и льда. И она действительно там есть, во всяком случае в полярных шапках планеты. Поэтому с большим нетерпением все ждали результатов поисков марсианской жизни, предпринятых сразу же после первой удачной посадки на Марс в 1976 г. автоматических станций «Викинг-1 и -2». Но они всех разочаровали: жизнь не была обнаружена. Правда, это был лишь первый эксперимент. Поиски продолжаются.

Ещё древнегреческий философ Метродот во II в. до н. э. говорил: «Считать Землю единственным населённым миром в беспредельном пространстве было бы такой же вопиющей нелепостью, как утверждать, что на громадном засеянном поле мог бы вырасти только один пшеничный колос». Открытие в XVII в. природы планет сразу же пробудило в умах учёных мысль о возможности жизни на других планетах. Христиан Гюйгенс считал, что жизнь существует на всех планетах, причём там должны быть и разумные существа, «возможно, не в точности такие люди, как мы сами, но живые существа или какие-то иные создания, наделённые разумом». Столетие спустя Иммануил Кант во «Всеобщей естественной истории и теории неба» писал, что «большинство планет, несомненно, обитаемы, а необитаемые со временем будут населены».



Марсианская пустыня. Съёмка космического аппарата «Пасфайндер» с поверхности Марса. На переднем плане часть солнечной батареи.



Следы водных потоков на Марсе говорят о том, что климат планеты в прошлом был более пригоден для жизни.



Планеты-гиганты. Климат Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна совершенно не соответствует нашим представлениям о комфорте: очень холодно, ужасный газовый состав (метан, аммиак, водород и т. д.), практически нет твёрдой поверхности — лишь плотная атмосфера и океан жидких газов. Всё это очень непохоже на Землю. Однако в эпоху зарождения жизни и Земля была совсем не такой, как сейчас. Её атмосфера скорее напоминала венерианскую или юпитерианскую, разве что была теплее. Поэтому в ближайшее время непременно будет осуществлён поиск органических соединений в атмосфере планет-гигантов.

Спутники планет и кометы. «Семейство» спутников, астероидов и ядер комет очень разнообразно по своему составу. В него, с одной стороны, входит огромный спутник Сатурна Титан с плотной азотной атмосферой, а с другой — мелкие ледяные глыбы кометных ядер, большую часть времени проводящие на далёкой периферии Солнечной системы. Серьёзной надежды обнаружить жизнь на этих телах не было никогда, хотя исследование на них органических соединений как предшественников жизни представляет особый интерес. В последнее время внимание экзобиологов (специалистов по внеземной жизни; от *греч.* «экзо» — «снаружи», «вне») привлекает спутник Юпитера Европа. Под ледяной корой этого спутника должен быть океан жидкой воды. А где вода — там жизнь.

Метеорит Мерчисон. В нём обнаружены аминокислоты — основа белкового вещества.



В упавших на Землю метеоритах иногда обнаруживают сложные органические молекулы. Сначала было подозрение, что они попадают в метеориты из земной почвы, но теперь их внеземное происхождение вполне надёжно доказано. Например, упавший в Австралии в 1972 г. метеорит Мерчисон был подобран уже на следующее утро. В его веществе нашли 16 аминокислот — основных строительных блоков животных и растительных белков, причём лишь 5 из них присутствуют в земных организмах, а остальные 11 на Земле редки. К тому же среди аминокислот метеорита Мерчисон в равных долях присутствуют левые и правые молекулы (зеркально симметричные друг другу), тогда как в земных организмах — в основном левые. Кроме того, в молекулах метеорита изотопы углерода ^{12}C и ^{13}C представлены в иной пропорции, чем на Земле. Это, бесспорно, доказывает, что аминокислоты, а также гуанин и аденин — составные части молекул ДНК и РНК, могут самостоятельно формироваться в космосе.

* * *

Итак, пока в Солнечной системе нигде, кроме Земли, жизнь не обнаружена. Учёные не питают на этот счёт больших надежд; скорее всего Земля окажется единственной живой планетой. Но не исключено, что где-то удастся найти следы погибших биосфер. Например, климат Марса в прошлом был более мягким, чем сейчас. Жизнь там могла зародиться и продвинуться до определённой ступени. Есть подозрение, что среди попавших на Землю метеоритов некоторые являются древними осколками Марса; в одном из них обнаружены странные следы, возможно принадлежащие бактериям. Это ещё предварительные результаты, но даже они привлекают интерес к Марсу.

УСЛОВИЯ ДЛЯ ЖИЗНИ В КОСМОСЕ

В космосе мы встречаем широчайший спектр физических условий: температура вещества меняется от 3—5 K до 10^7—10^8 K, а плотность — от 10^{-22} до 10^{18} кг/см^3. Среди столь большого разнообразия нередко удаётся обнаружить места (например, межзвёздные облака), где один из физических параметров с точки зрения земной биологии благоприятствует развитию жизни. Но лишь на планетах могут совпасть все параметры, необходимые для жизни.

ПЛАНЕТЫ ВБЛИЗИ ЗВЁЗД. Планеты должны быть не меньше Марса, чтобы удержать у своей поверхности



воздух и пары воды, но и не такими огромными, как Юпитер и Сатурн, протяжённая атмосфера которых не пропускает солнечные лучи к поверхности. Одним словом, планеты типа Земли, Венеры, возможно, Нептуна и Урана при благоприятных обстоятельствах могут стать колыбелью жизни. А обстоятельства эти довольно очевидны: стабильное излучение звезды; определённое расстояние от планеты до светила, обеспечивающее комфортную для жизни температуру; круговая форма орбиты планеты, возможная лишь в окрестностях уединённой звезды (т. е. одиночной или компонента очень широкой двойной системы). Это главное. Часто ли в космосе встречается совокупность подобных условий?

Одиночных звёзд довольно много — около половины звёзд Галактики. Из них около 10% сходны с Солнцем по температуре и светимости. Правда, далеко не все они так же спокойны, как наша звезда, но приблизительно каждая десятая похожа на Солнце и в этом отношении. Наблюдения последних лет показали, что планетные системы, вероятно, формируются у значительной части звёзд умеренной массы. Таким образом, Солнце с его планетной системой должны напоминать около 1% звёзд Галактики, что не так уж мало — миллиарды звёзд.

ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ НА ПЛАНЕТАХ. В конце 50-х гг. XX столетия американские биофизики Стэнли Миллер, Хуан Оро, Лесли Оргел в лабораторных условиях имитировали первичную атмосферу планет (водород, метан, аммиак, сероводород, вода). Колбы с газовой смесью они освещали ультрафиолетовыми лучами и возбуждали искровыми разрядами (на молодых планетах активная вулканическая деятельность должна сопровождаться сильными грозами). В результате из простейших веществ очень быстро формировались любопытные соединения, например 12 из 20 аминокислот, образующих все белки земных организмов, и 4 из 5 оснований, образующих молекулы РНК

ОРГАНИЧЕСКИЕ МОЛЕКУЛЫ В КОСМОСЕ

Из распространённых космических объектов наиболее благоприятными для протобиологической (от *греч.* «протос» — «первый») эволюции вещества в наши дни представляются недра гигантских межзвёздных газопылевых облаков. На фотографиях звёздного неба они выглядят как тёмные провалы. Свет, а также рентгеновские и ультрафиолетовые лучи не проникают сквозь эти облака, а значит, не разрушают в их недрах сложные молекулы — предшественницы жизни. А они там есть, и довольно любопытные. Кроме простейших химических соединений, таких, как гидроксил, монооксид углерода, вода и аммиак, в межзвёздных облаках найдены довольно сложные органические молекулы: муравьиная кислота, этиловый спирт, ацетон и даже аминокислота глицин — один из «кирпичиков» белковых молекул. Как же образуются столь сложные молекулы в очень холодных (с температурой ниже 100 К) и довольно разреженных (10^{-17} кг/м^3) облаках?

Оказалось, всё дело в маленьких твёрдых частицах — пылинках, к поверхности которых прилипают атомы и простые молекулы, чтобы образовать затем более сложные соединения. Некоторые астрофизики считают, что наружный слой космических пылинок представляет собой протобиологический субстрат (от *лат.* substratum — «основа»), родственный простейшим живым организмам. Во всяком случае никто сейчас не сомневается, что для зарождения жизни нужна поверхность твёрдого тела или вода в жидком состоянии, а лучше всего — и то и другое.

Знаменитый английский астрофизик Фред Хойл написал фантастический роман «Чёрное облако» о живом и разумном межзвёздном облаке. Это было давно, когда ещё не были открыты сложные органические молекулы в космосе. И всё же фантазия учёного оказалась смелее действительности: в межзвёздной среде жизни нет.

ГИПОТЕЗА ПАНСПЕРМИИ

Возможно, необходимые приготовления для возникновения жизни совершаются ещё в межзвёздной среде. С метеоритами или кометами органическое вещество может попадать на планеты из космоса. В связи с этим часто упоминается гипотеза о переносе жизни с одной планеты на другую — гипотеза *панспермии* (от *греч.* «пан» — «всё», «сперма» — «семя»), предложенная в 1908 г. шведским учёным Сванте Аррениусом и возрождённая в наше время биохимиками Фрэнсисом Криком и Лесли Оргелом. Если Аррениус считал, что живые клетки могут переноситься от планеты к планете под давлением светового излучения звёзд случайным образом, то американские биохимики предполагают «направленную панспермию», т. е. организованный перенос живого вещества с одной планеты на другую какими-то разумными существами. Для проверки этой гипотезы очень важно обнаружить жизнь хотя бы ещё на одной планете и сравнить её с земной: если и там белки окажутся собранными из тех же 20 аминокислот, что и на Земле, значит, действительно, все мы вышли из одной колыбели.



и ДНК. Разумеется, это лишь самые элементарные «кирпичики», из которых по очень сложным правилам построены земные организмы. До сих пор непонятно, как эти правила были выработаны и закреплены природой в молекулах РНК и ДНК.

ЗОНЫ ЖИЗНИ. Биологи не видят иной основы для жизни, кроме органических молекул — биополимеров. Если для некоторых из них, например молекулы ДНК, важнейшей является последовательность звеньев-мономеров (в этой последовательности закодирована наследственная информация организма), то для большинства других молекул — белков и в особенности ферментов — важнейшей является их пространственная форма, которая очень чувствительна к окружающей температуре. Стоит повыситься температуре, как белок денатурируется — теряет свою пространственную конфигурацию, а вместе с ней и биологические свойства (так же, как сворачивается белок куриного яйца в кипятке). У земных организмов это происходит при температуре около 60 °С. При 100—120 °С разрушаются практически все земные формы жизни. К тому же универсальный растворитель — вода — при таких условиях превращается в атмосфере Земли в пар, а при температуре менее 0 °С — в лёд. Следовательно, можно считать, что благоприятный для возникновения жизни диапазон температур — 0—100 °С.

Температура на поверхности планеты в основном зависит от светимости родительской звезды и расстояния до неё. В конце 50-х гг. американский астрофизик, китаец по происхождению, Су-Шу Хуанг исследовал эту проблему детально: он рассчитал, на каком расстоянии от звёзд разного типа могут находиться обитаемые планеты, если средняя температура на их поверхности лежит в пределах 0—100 °С. Ясно, что вокруг любой звезды существует определённая область — *зона жизни*, за границы которой орбиты этих планет не должны выходить. У звёзд-карликов она близка к звезде и неширока. При случайном формировании планет вероятность, что какая-то из них попадёт именно в эту область, мала. У звёзд высокой светимости зона жизни находится далеко от звезды и очень обширна. Это хорошо, но продолжительность их жизни так мала, что трудно ожидать появления на их планетах разумных существ (земной биосфере для этого понадобилось более 3 млрд лет).

Таким образом, по мнению Су-Шу Хуанга, для обитаемых планет наиболее подходят звёзды главной последовательности спектральных классов от F5 до К5. Годятся не любые из них, а лишь звёзды второго поколения, богатые теми химическими элементами, которые необходимы для биосинтеза, — углеродом, кислородом, азотом, серой, фосфором. Солнце как раз и является такой звездой, а наша Земля движется в середине его зоны жизни. Венера и Марс находятся вблизи краёв этой зоны. В результате жизни на них нет.

Итак, можно надеяться, что у любой солнцеподобной звезды, обладающей планетной системой, найдётся хотя бы одна планета с условиями, пригодными для развития на ней жизни.

К сожалению, осталось мало шансов обнаружить активную биосферу в Солнечной системе и совершенно непонятно, как искать её в других

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ?..

Основой известных нам форм жизни служат углеродные соединения — аминокислоты, из которых построены длинные полимерные молекулы белков. Свойствами углерода в основном и определяется диапазон условий, в которых может существовать жизнь. А возможна ли жизнь на основе других молекул? Например, на основе довольно распространённых и сходных по свойствам с углеродом молекул кремния. О кремниевой жизни пока пишут лишь фантасты. Хотя кремниевый мозг уже создан — это компьютеры, которые «думают» кремниевыми элементами, правда весьма далёкими по своим свойствам от органических нейронов, работающих в голове человека. Но кто сказал, что все формы жизни должны быть устроены одинаково? Как только появится первый полностью автоматический завод по производству компьютеров (а это не за горами), учёные должны будут серьёзно задуматься о том, не создана ли уже новая форма жизни, которая не только думает, но и размножается.



планетных системах. Но если где-то жизнь достигла разумной формы и создала техническую цивилизацию, подобную земной, то можно попытаться вступить с ней в контакт; для созданной людьми техники это уже реальная задача.

ПОИСК ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Как найти братьев по разуму? Стратегия поиска зависит от того, как люди представляют себе возможности и желания этих самых братьев. Можно разделить такие представления на четыре популярных типа:

Они рядом с нами. Так думают те, кто считает НЛО космическими кораблями пришельцев, верит в техническую возможность межзвёздных перелётов, в регулярное появление инопланетян на Земле. К сожалению, научной базы для таких представлений пока нет.

Они здесь когда-то побывали. Некоторые любители истории и археологии считают, что в памятниках, литературных источниках и легендах сохранились указания на посещение Земли пришельцами. Они не исключают даже, что мы — их потомки. Это последнее утверждение с точки зрения биологии очень наивно: генетический код и молекулярный состав человека полностью идентичен другим существам, живущим на Земле. О древних памятниках и легендах однозначного мнения пока нет, однако в принципе люди в древности могли бы создать любое из этих творений.

Они осваивают космос. Здесь всё достаточно просто. Земляне сами уже осваивают космос и могут представить себе перспективы этого занятия. Главное заключается в том, что человечество потребляет всё больше энергии и всё больше рассеивает её в окружающее пространство в преобразованном виде. Например, уже более 100 лет Землю покидают радиоволны искусственного происхождения. Последние 50 лет это очень мощные сигналы наших телевизионных передатчиков и радаров, которые без особого труда можно зарегистрировать с соседних звёзд. Это же касается и мощных лазерных импульсов, посылаемых в космос. В перспективе люди начнут строить крупные космические поселения, которые будут источниками инфракрасного (тепло-

ФОРМУЛА ДРЭЙКА

Желая узнать, как часто встречаются в Галактике условия, пригодные для жизни, человек сталкивается сразу с несколькими астрономическими проблемами: как часто встречаются звёзды, подобные Солнцу, могут ли быть рядом с ними планеты с подходящим климатом и т. д. Вслед за ними встают биологические проблемы, связанные с происхождением жизни и разума. А если человека интересует возможность контакта с внеземными существами, то возникает ещё одна проблема: многие ли разумные существа способны создать технику для космической связи или межзвёздных перелётов. Решение этих задач или хотя бы прогноз их решения требует знаний в совершенно различных областях науки.

Чтобы объединить знания разных учёных при оценке числа разумных сообществ, готовых вступить в контакт с нашей цивилизацией, американский радиоастроном Фрэнсис Дрэйк предложил следующую формулу:

$$n = N \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \frac{t}{T},$$

где n — число цивилизаций в Галактике, готовых к радиоконтакту, N — число звёзд в Галактике, P_1 — доля звёзд, имеющих планетные системы, P_2 — доля планетных систем, в которых возникла жизнь, P_3 — доля биосфер, в которых жизнь достигла уровня разума, P_4 — доля разумных сообществ, достигших технического уровня нашей цивилизации (или более высокого) и желающих установить контакт, t — среднее время существования технической цивилизации, T — возраст Галактики. Отношение t/T — это доля готовых к контакту цивилизаций, существующих одновременно с нами в том случае, если они возникают в произвольный момент жизни Галактики; ведь на разных планетах эволюция может протекать с разной скоростью.

Очень интересно и полезно делать оценки для различных величин в формуле Дрэйка. Пока есть полная ясность лишь для двух из них: возраст Галактики составляет около 10^{10} лет и в ней около 10^{11} звёзд. Можно рискнуть оценить распространённость планетных систем: $P_1 \leq 0{,}1$. На примере нашей цивилизации можно также заключить, что после создания техники космической связи (одновременно с которой появились ядерная бомба и баллистическая ракета) цивилизация способна сохраниться, по крайней мере, лет сто. Остальные величины пока трудно оценить. Весьма субъективно автор этой статьи оценивает их так: $P_2 \leq 1$, $P_3 \leq 0{,}1$, $P_4 \leq 1$ и $t \leq 100$. Если подставить их в формулу Дрэйка, то очевидно, что всего несколько цивилизаций в Галактике сейчас готовы к контакту в нами. Не очень оптимистичный, но и не безнадёжный прогноз.



вого) излучения с характерной температурой около 300 К.

По подобным признакам можно попытаться отыскать цивилизацию земного типа даже в том случае, если она не стремится сообщить о своём существовании. Если технический уровень цивилизации настолько высок, что она научилась использовать всю энергию своей звезды, например окружив её непрозрачной оболочкой (так называемая *сфера Дайсона*), то вместо звезды мы увидим инфракрасный источник. Специальный поиск действительно позволил найти такие источники, но пока все они оказывались формирующимися звёздами, окружёнными пылевыми оболочками. Впрочем, возможности имеющихся инфракрасных телескопов всё ещё весьма ограниченны.

Они хотят поговорить. Значительно проще было бы обнаружить братьев по разуму, если бы они сами этого захотели. Мощный радиомаяк или лазерный «прожектор» можно заметить с очень большого расстояния. Такие поиски уже предпринимаются. Вопрос в том, какой способ сообщения они выберут.

СВЯЗЬ С ВНЕЗЕМНЫМИ ЦИВИЛИЗАЦИЯМИ

Для беспроводной связи на Земле в основном используют радио. Поэтому главные усилия сейчас направлены на поиски сигналов внеземных цивилизаций (ВЦ) в радиодиапазоне. Но ведутся они и в других диапазонах излучения. За последние 20 лет было проведено несколько экспериментов по поиску лазерных сигналов в оптическом диапазоне. Достоинство лазерной связи на малых расстояниях очевидно: у неё очень высокая пропускная способность, позволяющая передавать огромное количество информации за короткое время. На больших расстояниях лазерный луч рассеивается и поглощается в атмосфере, и его приходится пропускать по оптиковолоконному кабелю. Но космическое пространство достаточно прозрачно для оптической связи. Вторая особенность лазера — высокая направленность луча — скорее является недостатком для желающих перехватить чужое космическое послание.

При наблюдении с Земли лазерный сигнал будет давать узкую линию в спектре звезды, около которой расположен лазерный передатчик ВЦ. Следовательно, задача сводится к поиску «звёзд-лазеров», обладающих сверхузкими линиями излучения. Программа по поиску таких звёзд проводится в Специальной астрофизической обсерватории Российской Академии наук на Северном Кавказе с помощью 6-метрового рефлектора БТА. Там был разработан специальный комплекс аппаратуры МАНИЯ, позволяющий обнаруживать сверхбыстрые, до 10^{-7} с, вариации светового потока и сверхузкие, до 10^{-6} Å, эмиссионные линии. Важно, что поиск сигналов ВЦ ведётся одновременно с решением астрофизических задач, например с изучением нейтронных звёзд и поиском чёрных дыр, т. е. не отвлекает телескопы от научных целей.

Недавно в эту работу включились аргентинские астрономы, начав поиск оптических сигналов с помощью телескопа диаметром 2 м в провинции Сан-Жуан вблизи Аргентинских Анд. Важно, что этому телескопу доступны звёзды южного полушария неба. Ещё одна программа поиска лазерных сигналов в инфракрасном диапазоне ведётся Калифорнийским университетом в Беркли. Для неё используется одно из зеркал диаметром 1,7 м звёздного интерферометра, установленного в обсерватории Маунт-Вилсон. Эта программа включает исследование 300 близких к Земле звёзд и рассчитана на несколько лет.

И всё же пока радиоволны считаются наиболее перспективным видом связи. Чувствительные земные радиоантенны могли бы обнаружить мощные телевизионные передатчики типа Останкинского на планетах у соседних звёзд. Современная техника позволяет установить связь с братьями по разуму в любом уголке Галактики, если, конечно, знать, где они и



в каком диапазоне волн собираются вести переговоры. А может быть, эти переговоры уже ведутся, и осталось лишь настроить приёмники, чтобы их услышать?

Итак, для поиска сигналов ВЦ помимо технических и финансовых проблем нужно было решить две принципиальные: в какую точку неба направить антенну и на какую частоту настроить приёмник.

Первая проблема решилась легко: антенны направили на ближайшие звёзды, похожие на Солнце, в надежде, что рядом с ними есть планеты, похожие на Землю. Вторая проблема оказалась сложнее. Когда человек ловит неизвестную радиостанцию домашним приёмником, то он просто «бродит» по всему диапазону волн. Если станция мощная, её отыскать легко, а если сигнал слаб, то нужно медленно переходить с волны на волну, внимательно вслушиваясь в шорох помех, — на это уходит много времени. Ожидаемый из космоса сигнал настолько слаб, что, просто вращая ручку настройки приёмника, его не найти. В первые годы поиска сигналов ВЦ учёные пытались угадать, на какой частоте можно ожидать передачу из космоса. Решили так: эту частоту должен знать любой радиоастроном в Галактике, значит, это должна быть линия излучения какого-нибудь космического вещества, лучше всего самого распространённого, т. е. водорода. Действительно, он слабо излучает на волне длиной 21 см. На эту волну и решили настроиться.

ОЗМА И СЕРЕНДИП

Наблюдения начались в 1960 г., когда Фрэнсис Дрэйк попытался с помощью антенны диаметром 26 м принять сигналы от звёзд τ Кита и ε Эридана. Его работа называлась «проект ОЗМА». Искусственные сигналы обнаружены не были, но работа Дрэйка открыла эру поиска сигналов ВЦ. Сначала это занятие получило общее название CETI (Communication with ExtraTerrestrial Intelligents — «Связь с внеземными цивилизациями»). Позже его стали называть более осторожно — SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligents — «Поиск внеземных цивилизаций»), имея в виду, что, прежде чем удастся наладить связь, необходимо найти хоть какие-то следы деятельности разумных существ в космосе. За прошедшие годы в разных странах, в основном в США и СССР, было осуществлено более 60 экспериментов по поиску сигналов ВЦ, изучены тысячи звёзд на различных частотах. Но до сих пор сигналы разумных существ не обнаружены.

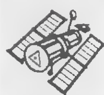
Стратегия поиска за это время заметно изменилась. Первые работы просто повторяли идею Дрэйка в расширенном виде. Затем исследовали другие звёзды и на других частотах, но вскоре поняли, что надеяться на успех можно лишь в том случае, если удастся прослушать всё небо на всех частотах. В компьютерный век это оказалось возможно.

В 1992 г. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) начало проект СЕРЕНДИП (SERENDIP, Search for Extraterrestrial Radio Emission from Nearby Developed Intelligent Populations — «Поиск внеземного радиоизлучения от соседних развитых цивилизаций»). Проект рассчитан на десять лет. В нём участву-

ЧТО ТАКОЕ СЕРЕНДИП?

Название проекта поиска внеземных цивилизаций выбрали не случайно: оно пришло из старинной персидской сказки «Три принца из Серендипа», пересказанной в 1754 г. Горацием Уолполем. В ней повествуется о трёх знатных юношах, которые узнали о девушке исключительной красоты, живущей за тридевять земель, и решили отправиться на её поиски. Они покинули свой остров Серендип (позже он назывался Цейлон, а ныне — Шри Ланка) и долго путешествовали по свету, попадая в невероятные приключения. Странствуя, они обнаружили столько удивительного и неожиданного, что даже забыли, зачем отправились в путь.

Сказка стала популярной, и в английском языке даже появилось слово serendipity, обозначающее счастливую способность легко совершать неожиданные открытия. Давая проекту название СЕРЕНДИП, учёные подразумевали, что даже если оснащение крупных радиотелескопов новой аппаратурой не приведёт к обнаружению разумных существ, всё равно позволит открыть интересные космические явления.



ют несколько обсерваторий разных стран. С помощью параболической антенны диаметром 34 м в Голдстоуне (штат Калифорния) проводится сплошной просмотр неба — полоса за полосой. При выявлении подозрительных сигналов их детальным изучением занимаются более крупные телескопы, такие, как антенна диаметром 64 м в Парксе (Австралия) или 300-метровая чаша в Аресибо на острове Пуэрто-Рико.

Работа ведётся параллельно с обычными научными наблюдениями. Иными словами, откуда бы ни получал радиотелескоп сигналы, СЕРЕНДИП постоянно анализирует их «на разумность»: вдруг попутно что-нибудь интересное обнаружит, совсем как в известной сказке.



Применена и новая стратегия поиска. Сначала радиотелескоп среднего размера быстро просматривает полоску неба, неоднократно сканируя её взад и вперёд. «Взгляд» антенны движется быстро, а компьютер сортирует полученные данные, отбирая среди зафиксированных источников несколько наиболее интересных. Затем с помощью той же антенны они изучаются более детально. Телескоп фиксирует «взгляд» на каждом из них, повышая тем самым свою чувствительность. Разумеется, большинство источников оказываются ложными: помехи от радаров, собственные шумы приёмника и т. п. Но некоторые источники подтверждаются и заносятся в каталог для детального изучения с помощью самых крупных антенн.

Удивительная особенность проекта СЕРЕНДИП — его многоканальные приёмники: космическое пространство прослушивается не на одной частоте, а сразу на нескольких миллионах (!) частот, перекрывающих широкий диапазон радиоволн. В прежние годы поиск сигналов вёлся на одной фиксированной частоте, заранее выбранной исследователями. Такая стратегия напоминала охоту за рыбой с острогой в мутной воде. Охотник пытается угадать, где должна находиться рыба в данный момент, и втыкает туда острогу. Много ли у него шансов на удачу? Радиоприёмники проекта СЕРЕНДИП в этом смысле похожи на мелкоячеистую сеть, которая широко захватывает и не пропускает ни одну рыбку, причём размер этого «невода» постоянно возрастает: на антенне в Аресибо работает приёмник на 4 млн каналов, а в процессе изготовления находится новый — уже на 167 млн каналов! Создав эти суперприёмники, радиоастрономы вновь навели свои антенны на ближайшие звёзды: тысячу звёзд в окрестностях Солнца прослушивают теперь на миллионах различных частот.

Нужно заметить, что научные работы, не имеющие непосредственного практического приложения, финансируются в любой стране не очень щедро, а тем более такие полуфантастические, как поиск ВЦ. Проект СЕРЕНДИП в 1994 г. был остановлен: необходимые для продолжения работы 12 млн долларов американский сенат не выделил, мотивируя свой отказ тем, что «братья по разуму не помогут решить наши финансовые проблемы». Но нашлись энтузиасты, создавшие для поддержки уникального проекта общество «Друзья СЕРЕНДИП», которое возглавил знаменитый писатель-фантаст Артур Кларк (кстати, он уже много лет живёт на острове Шри-Ланка, т. е. на том самом сказочном Серендипе). Сейчас космический поиск продолжается; уже замечены сотни необычных сигналов, которые будут изучаться более детально.

ЯЗЫК БРАТЬЕВ ПО РАЗУМУ

Попытки наладить радиоконтакт с братьями по разуму продолжаются уже около 40 лет. И давно стало ясно, что главной проблемой в этом деле будет не техника передачи и приёма сигналов, а язык и содержание сообщений. Очевидно, что выбор языка общения зависит от предварительной информации о собеседнике: чем меньше о нём известно, тем более универсальным должен быть язык. Его выбор зависит и от формы контакта.

Как показал опыт общения различных цивилизаций Земли (например,



европейцев и индейцев), даже здесь контакты бывают весьма сложными. В XIX в. русский этнограф Н. Н. Миклухо-Маклай, пытаясь составить словарь языка папуасов, столкнулся с серьёзными трудностями. Желая знать, как называется лист, он показал его нескольким туземцам и, к своему удивлению, от всех услышал разные названия. Постепенно он выяснил, что один сказал «зелёный», другой — «грязь», «негодная», так как лист был поднят с земли, третий назвал растение, которому принадлежал лист, и т. д. Даже в этом простейшем случае оказалось трудно добиться ясности. Ещё сложнее было с абстрактными понятиями. «Для ряда понятий, — писал путешественник, — я никаким образом не мог получить соответствующих обозначений, для этого оказались недостаточными как моя сила воображения, так и моя мимика. Как я мог, например, представить понятие „сны" или „сон", как мог найти название понятия „друг", „дружба"? Даже для глагола „видеть" я узнал слово лишь по прошествии четырёх месяцев, а для глагола „слышать" так и не мог узнать».

Контакты с другими цивилизациями наверняка будут связаны с очень большими трудностями, а могут и вообще оказаться бесплодными. Ведь до сих пор не прочитаны некоторые тексты на мёртвых языках Земли — своеобразные послания из глубины веков. Ещё больших трудностей следует ожидать в том случае, если нам удастся случайно подслушать радиосообщения из иных миров, предназначенные для внутреннего пользования, например обрывки телепередач или позывные космических маяков. Но если кто-то отправляет в космос специальные позывные для поиска братьев по разуму, то он должен позаботиться о простоте языка, т. е. создать особый язык, понятный любому мыслящему существу. Учёные называют это принципом *антикриптографии* (от *греч.* «анти» — «против»; «криптос» — «тайный», «скрытый»; «графо» — «пишу»).

ИСКУССТВЕННЫЕ ЯЗЫКИ. Их история началась с попыток придумать универсальный язык для людей. Результат одной из таких попыток — язык эсперанто — и сейчас в ходу. Однако так или иначе основой этих языков были живые европейские языки. Ханс Фройденталь, профессор математики Утрехтского университета (Нидерланды) решил создать язык, понятный для существ, не имеющих с нами ничего общего, кроме разума. Дело происходило в те годы, когда все были взволнованы запуском первого спутника и первой попыткой Дрэйка принять сигналы внеземных цивилизаций. Поэтому Фройденталь назвал свой язык *линкос* (от *лат.* linqua cosmica — «космический язык»).

Линкос прост и однозначен, он не содержит исключений из правил, синонимов и т. д. К тому же этот язык совершенно свободен от фонетического звучания. Слова этого языка никогда и никем во Вселенной произноситься не будут. Их можно закодировать в любой системе, например в двоичной, и передавать в космос по радио или другим способом.

Фройденталь разработал уроки линкоса, которыми должно начинаться первое послание. Первый урок содержит простые понятия математики и логики. Он начинается рядом натуральных чисел, которые передаются последовательностью импульсов (*, **, *** и т. д.). Затем вводятся знаки чисел и понятие «равняется»: * = 1, ** = 2. Каждый знак передаётся импульсом особой формы. После этого демонстрируются арифметические операции: 1 + 2 = 3. Таким образом, неведомый корреспондент проходит курс математики и овладевает понятиями «больше», «меньше», «верно», «неверно», «возрастает», «убывает» и т. д.

КОСМИЧЕСКИЕ ПОСЛАНИЯ. За прошедшие 40 лет люди убедились, что рядом с Землёй нет цивилизаций, передающих сообщения по радио. И земляне решили сами послать весточку неведомым космическим братьям. В 70-х гг. к звёздам были отправлены радиограммы и автоматические зонды с посылками на борту. Каково же было их содержание?





ТЕАТР ДЛЯ ИНОПЛАНЕТЯН

Создатель искусственного языка линкос Х. Фройденталь нашёл оригинальный способ объяснить сложные понятия «гуманитарного» характера при помощи небольших сценок. Сначала они носят чисто математический характер. Например, тема беседы — способность к мышлению. Диалог ведут А и В; первым обращается А:

А → В: Сколько будет 2 + 3?

В → А: 2 + 3 = 5.

А → В: Верно.

Далее происходит ряд аналогичных сцен. Затем появляется персонаж С.

А → В: Сколько будет 15 x 15?

В → А: 15 x 15 = 220.

А → В: Неверно.

А → С: Сколько будет 15 x 15?

С → А: 15 x 15 = 225.

А → С: Верно. С более разумный, чем В.

Рано или поздно корреспондент поймёт, что это не урок математики, а театр, представление, разъясняющее поступки, эмоции, чувства. Эксперименты показали, что разумное существо (человек) способно самостоятельно обучиться линкосу и понять смысл сообщения. Особенно хорошо у профессиональных математиков получалось читать математические послания. С сообщениями на более общие темы было сложнее. Интересно, на каком языке придёт первое сообщение из глубин космоса?

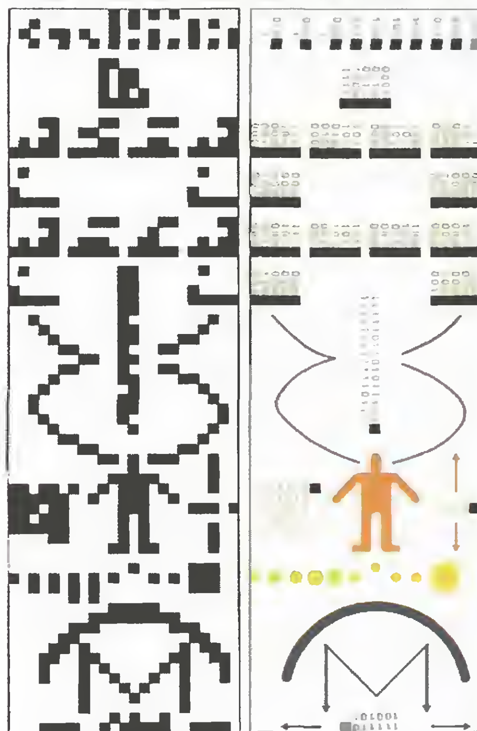
Прежде всего предстояло решить вопрос, в какой форме послать сообщение: в форме текста или картинок, т. е. воспользоваться понятиями или образами. Использовать линкос пока не решились. Все послания, отправленные в космос по радио и на борту космических аппаратов, содержат образы — рисунки, слайды, звуки речи, музыку. Краткий текст состоит из нескольких чисел, необходимых для указания «обратного адреса» — положения нашей планеты в Галактике.

16 ноября 1974 г. из обсерватории Аресибо было отправлено сообщение в направлении шарового звёздного скопления М 13 в созвездии Геркулеса. В нём около миллиона звёзд, подобных Солнцу, поэтому вполне вероятно, что сообщение будет кем-то принято. Правда, сигнал доберётся туда только через 25 тыс. лет. Сообщение послано на волне длиной 12,6 см и содержит 1679 знаков. Как надеются земляне, их инопланетные коллеги сообразят, что послание представляет собой кадр 23 × 73.

Пока землянам неизвестны быстрые способы межзвёздных путешествий; перелёт даже к ближайшей звезде занял бы десятки тысяч лет. Для человека путь к звёздам пока закрыт. Но автоматы уже устремились в межзвёздное пространство: четыре зонда покинули пределы Солнечной системы — это «Пионер-10, -11», запущенные в 1972—1973 гг., и «Вояджер-1, -2», запущенные в 1977 г. Пролетев мимо внешних планет, они преодолели притяжение Солнца и теперь удаляются в глубины Галактики. Так почему бы не послать с ними весточки в другие миры? Есть шанс, что они когда-нибудь попадут в руки разумных существ. Поэтому каждый из зондов несёт особое послание.

Внутри «Пионеров» заложены небольшие металлические пластинки, на





Радиопослание 1974 г. к шаровому скоплению M13. В двоичном коде среди прочей информации: числа от 1 до 10; атомные номера некоторых элементов; двойная спираль ДНК; человек; численность населения Земли; Солнечная ситема; радиотелескоп в Аресибо.



которых выгравирована «визитная карточка» землян. На ней изображены люди на фоне силуэта космического аппарата (для того чтобы показать масштаб). Мужчина приветственно поднял руку. Внизу показана схема Солнечной системы; линия, протянувшаяся от третьей планеты к маленькому силуэту «Пионера», показывает траекторию полёта. Вверху слева дважды изображён атом водорода. Кружок обозначает орбиту электрона, а палочка с точкой — направление спина (оси собственного вращения) электрона и протона. На правом рисунке спины частиц совпадают, а на левом они противоположны. Каждый физик (в том числе, наверное, и внеземной) знает, что при повороте спинов атом водорода излучает радиоимпульс с частотой 1420 МГц, т. е. с длиной волны 21 см. Эти длина и частота (мера времени) служат единицами всех других расстояний и времён, указанных на рисунке.

Самое важное сообщение зашифровано в «звёздочке» слева от центра. Это наш «обратный адрес»: в середине — Солнце, а протянувшиеся от него лучи указывают направления и расстояния до «радиомаяков» Галактики — пульсаров. Это нейтронные звёзды, быстро вращающиеся и излучающие радиоимпульсы с определённым периодом. У каждого пульсара свой период, который в двоичном коде записан вдоль луча. Всем развитым цивилизациям эти пульсары должны быть известны. А зная их координаты в Галактике, легко найти и положение Солнца. Самый длинный горизонтальный луч указывает направление и расстояние до центра Галактики — «столицы» нашей «звёздной империи».

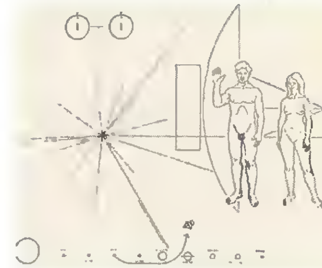
На «Вояджерах» отправлены уже целые посылки: к борту каждого из них прикрепили круглую алюминиевую коробку, положив туда позолоченный видеодиск. Инструкция по его воспроизведению (!) изображена на крышке коробки.

На диске 115 изображений (слайдов), на которых собраны важнейшие научные данные, виды Земли, её материков, различные ландшафты, сцены из жизни животных и человека, их анатомическое строение и биохимическая структура, включая молекулу ДНК.

Кроме изображений на диске записаны и звуки: шёпот матери и плач ребёнка, голоса птиц и зверей (например, «песни» китов), шум ветра и дождя, грохот вулканов и землетрясений, шуршание песка и океанский прибой. Есть даже звук поцелуя, который умело воспроизвели создатели видеодиска.

Человеческая речь представлена на диске короткими приветствиями на 58 языках народов мира. По-русски сказано: «Здравствуйте, приветствую вас!». Особую главу послания составляют достижения мировой музыкальной культуры. На диске записаны произведения Баха, Моцарта, Бетховена, джазовые композиции Луи Армстронга, Чака Берри и народная музыка многих стран.

Получат ли это послание братья по разуму, сейчас сказать трудно. Очень мала эта частичка Земли по сравнению с безбрежными космическими просторами. Но это лишь один из шагов, которые люди начали делать в поисках жизни и разума в космосе, и теперь они уже не остановятся, пока не найдут их.



Пластинка с космическим посланием, находящаяся на борту космического аппарата «Пионер-10», покинувшего Солнечную систему.



ПРИЛОЖЕНИЕ

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Наименование	Обозначение	Значение
Длина		
метр	м	единица СИ
микрометр	мкм	1 мкм = 10^{-6} м
нанометр	нм	1 нм = 10^{-9} м
ангстрем	Å	1 Å = 10^{-10} м
астрономическая единица	а. е.	1 а. е. = = $1{,}496 \cdot 10^{11}$ м
световой год	—	1 св. год = = $9{,}46 \cdot 10^{15}$ м
парсек	пк	1 пк = $3{,}086 \cdot 10^{16}$ м
килопарсек	кпк	1 кпк = 10^{3} пк
мегапарсек	Мпк	1 Мпк = 10^{6} пк
Температура		
кельвин	К	единица СИ
градус Цельсия	°С	Если T — температура в кельвинах, а t — в градусах Цельсия, то t = T – 273,15

Наименование	Обозначение	Значение
Масса		
килограмм	кг	единица СИ
масса Солнца	$M_{\odot}$	$1{,}989 \cdot 10^{30}$ кг
Давление		
паскаль	Па	единица СИ
бар	—	1 бар = 10^{5} Па
Энергия		
джоуль	Дж	единица СИ
электронвольт	эВ	1 эВ = = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Дж
мегаэлектронвольт	МэВ	1 МэВ = 10^{6} эВ
Светимость (мощность излучения)		
ватт	Вт	единица СИ
Светимость Солнца	$L_{\odot}$	$3{,}88 \cdot 10^{26}$ Вт
Магнитная индукция		
тесла	Тл	единица СИ
гаусс	Гс	1 Гс = 10^{-4} Тл

СОЗВЕЗДИЯ

Русское название	Латинское название	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд, доступных глазу
Андромеда	Andromeda	And	722	100
Близнецы	Gemini	Gem	514	70
Большая Медведица	Ursa Major	Uma	1280	125
Большой Пёс	Canis Major	Cma	380	80
Весы	Libra	Lib	538	50
Водолей	Aquarius	Aqr	980	90
Возничий	Auriga	Aur	657	90
Волк	Lupus	Lup	334	70
Волопас	Bootes	Boo	907	90
Волосы Вероники	Coma Berenices	Com	386	50
Ворон	Corvus	Crv	184	15
Геркулес	Hercules	Her	1225	140

Русское название	Латинское название	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд, доступных глазу
Гидра	Hydra	Hya	1300	130
Голубь	Columba	Col	207	40
Гончие Псы	Canes Venatici	CVn	465	30
Дева	Virgo	Vir	1290	95
Дельфин	Delphinus	Del	189	30
Дракон	Draco	Dra	1083	80
Единорог	Monoceros	Mon	482	85
Жертвенник	Ara	Ara	237	30
Живописец	Pictor	Pic	247	30
Жираф	Camelopardalis	Cam	757	50
Журавль	Grus	Gru	366	30
Заяц	Lepus	Lep	290	40
Змееносец	Ophiuchus	Oph	948	100
Змея	Serpens	Ser	637	60

Русское название	Латинское название	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд, доступных глазу
Золотая Рыба	Dorado	Dor	179	20
Индеец	Indus	Ind	294	20
Кассиопея	Cassiopeja	Cas	598	90
Кентавр (Центавр)	Centaurus	Cen	1060	150
Киль	Carina	Car	494	110
Кит	Cetus	Cet	1230	100
Козерог	Capricornus	Cap	414	50
Компас	Pyxis	Pyx	221	25
Корма	Puppis	Pup	673	140
Лебедь	Cygnus	Cyg	804	150
Лев	Leo	Leo	947	70
Летучая Рыба	Volans	Vol	141	20
Лира	Lyra	Lyr	286	45
Лисичка	Vulpecula	Vul	268	45
Малая Медведица	Ursa Minor	UMi	256	20
Малый Конь	Equuleus	Equ	72	10
Малый Лев	Leo Minor	LMi	232	20
Малый Пёс	Canis Minor	CMi	183	20
Микроскоп	Microscopium	Mic	210	20
Муха	Musca	Mus	138	30
Насос	Antlia	Ant	239	20
Наугольник	Norma	Nor	165	20
Овен	Aries	Ari	441	50
Октант	Octans	Oct	291	35
Орёл	Aquila	Aql	652	70
Орион	Orion	Ori	594	120
Павлин	Pavo	Pav	378	45
Паруса	Vela	Vel	500	110
Пегас	Pegasus	Peg	1121	100
Персей	Perseus	Per	615	90
Печь	Fornax	For	398	35

Русское название	Латинское название	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд, доступных глазу
Райская Птица	Apus	Aps	206	20
Рак	Cancer	Cnc	506	60
Резец	Caelum	Cae	125	10
Рыбы	Pisces	Psc	889	75
Рысь	Lynx	Lyn	545	60
Северная Корона	Corona Borealis	CrB	179	20
Секстант	Sextans	Sex	314	25
Сетка	Reticulum	Ret	114	15
Скорпион	Scorpius	Sco	497	100
Скульптор	Sculptor	Scl	475	30
Столовая Гора	Mensa	Men	153	15
Стрела	Sagitta	Sge	80	20
Стрелец	Sagittarius	Sgr	867	115
Телескоп	Telescopium	Tel	252	30
Телец	Taurus	Tau	797	125
Треугольник	Triangulum	Tri	132	15
Тукан	Tucana	Tuc	295	25
Феникс	Phoenix	Phe	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	Cha	132	20
Цефей	Cepheus	Cep	588	60
Циркуль	Circinus	Cir	93	20
Часы	Horologium	Hor	249	20
Чаша	Crater	Crt	282	20
Щит	Scutum	Sct	109	20
Эридан	Eridanus	Eri	1138	100
Южная Гидра	Hydrus	Hyi	243	20
Южная Корона	Corona Australis	CrA	128	25
Южная Рыба	Piscis Austrinus	PsA	245	25
Южный Крест	Crux	Cru	68	30
Южный Треугольник	Triangulum Australe	TrA	110	20
Ящерица	Lacerta	Lac	201	35

СОБСТВЕННЫЕ ИМЕНА НЕКОТОРЫХ ЯРКИХ ЗВЁЗД

Алгениб	γ Peg	Антарес	α Sco	Денебола	β Leo
Алголь	β Per	Арктур	α Boo	Дубхе	α UMa
Алиот	ε UMa	Астеропа	21 Tau	Гемма	α CrB
Альбирео	β Cyg	Атлас	27 Tau	Канопус	α Car
Альдебаран	α Tau	Беллатрикс	γ Ori	Капелла	α Aur
Алькор	80 UMa	Бенетнаш	η UMa	Кастор	α Gem
Альдерамин	α Cep	Бетельгейзе	α Ori	Майя	20 Tau
Альтаир	α Aql	Вега	α Lyr	Маркаб	α Peg
Альциона	η Tau	Денеб	α Cyg	Мерах	β UMa

Мерона	23 Tau	Плейона	28 Tau	Регул	α Leo
Мира	o Cet	Поллукс	β Gem	Ригель	β Ori
Мирах	β And	Полярная	α UMi	Сириус	α CMa
Мицар	ζ UMa	Процион	α CMi	Спика	α Vir

СПУТНИКИ ПЛАНЕТ*

Название	Кем открыт	Год	Блеск в звёздных величинах	Радиус орбиты, тыс. км	Период обращения, сут.	Наклонение орбиты в градусах**	Радиус, км	Масса, 10^{20} кг
Спутник Земли								
Луна	—	—	–12,7	384,4	27,32	18,3—28,6	1738	735
Спутники Марса								
Фобос	А. Холл	1877	11,3	9,38	0,319	1,0	14 × 10	$11 \cdot 10^{-5}$
Деймос	»	»	12,4	23,46	1,263	0,9—2,7	8 × 6	$18 \cdot 10^{-6}$
Спутники Юпитера								
Метида	С. Синнот	1979	17,5	127,96	0,295	(0)***	(20)	—
Адрастея	Д. Джюит и др.	»	18,7	128,98	0,298	(0)	12 × 8	—
Амальтея	Э. Барнард	1892	14,1	181,3	0,498	0, 4	135 × 75	—
Теба	С. Синнот	1979	16,0	221,9	0, 675	(0, 8)	(50)	—
Ио	Г. Галилей, С. Марий	1610	5.0	421.6	1,769	0.04	1815	894
Европа	»	»	5,3	670,9	3,551	0,47	1569	480
Ганимед	»	»	4,6	1070	7,155	0,19	2631	1482,3
Каллисто	»	»	5,6	1883	16,689	0,28	2400	1076,6
Леда	Ч. Коуэл	1974	20,2	11094	238,72	27	(8)	—
Гималия	Ч. Перрайн	1904	15.0	11480	250, 57	28	(90)	—
Лиситея	С. Николсон	1938	18,2	11720	259,22	29	(20)	—
Элара	Ч. Перрайн	1905	16,6	11737	259,65	28	(40)	—
Ананке	С. Николсон	1951	18,9	21200	631	147	(15)	—
Карме	»	1938	17,9	22600	692	163	(22)	—
Пасифе	П. Мелот	1908	16,9	23500	735	147	(35)	—
Синопе	С. Николсон	1914	18,0	23700	758	153	(20)	—
Спутники Сатурна								
Пан	М. Р. Шоуолтер	1990	—	133,6	—	—	—	—
Атлас	Р. Террил	1980	18,0	137,64	0,602	(0)	20 × 15	—
Прометей	С. Коллинз и др.	1980	15,8	139,35	0,613	(0)	70 × 40	—
Пандора	»	»	16,5	141,7	0,629	(0)	55 × 35	—
Эпиметий	Р. Уолкер	1966	15,7	151,42	0,694	0,34	70 × 50	—

* Точное число спутников неизвестно. Почти ежегодно обнаруживаются новые небольшие спутники по данным, переданным с межпланетных аппаратов. Например, летом 1995 г. с помощью Хаббловского космического телескопа были открыты четыре маленьких внутренних спутника Сатурна.

** Наклонение плоскости орбиты спутника к экваториальной плоскости планеты отражает и направление обращения спутника: если наклонение больше 90°, значит, спутник обращается в обратном направлении.

*** В скобках приведены ненадёжные значения.

Название	Кем открыт	Год	Блеск в звёздных величинах	Радиус орбиты, тыс. км	Период обращения, сут.	Наклонение орбиты в градусах	Радиус, км	Масса, 10^{20} кг
Янус	О. Дольфюс	»	14,5	151,47	0,695	0,14	110 × 80	—
Мимас	У. Гершель	1789	12,9	185,52	0,942	1,53	195	0,38
Энцелад	»	»	11,7	238,02	1,37	0,02	250	0 ,84
Тефия	Дж. Кассини	1684	10,2	294,66	1,888	1,09	525	7,55
Телесто	Б. Смит и др.	1980	18,7	294,66	1,888	(0)	(12)	—
Калипсо	»	»	19.0	294,66	1,888	(0)	15 × 10	—
Диона	Дж. Кассини	1684	10,4	377,40	2,737	0,02	560	10,5
Елена	П. Лак и др.	1980	18, 4	377,40	2,737	0,2	18 × 15	—
Рея	Дж. Кассини	1672	9,7	527,04	4,518	0,35	765	24,9
Титан	Х. Гюйгенс	1655	8,3	1221,85	15,945	0,33	2575	1350
Гиперион	Дж. Бонд, У. Бонд, У. Ласселл	1848	14,2	1481,0	21,277	0,43	175 × 100	—
Япет	Дж. Кассини	1671	10,2–11,9	3561,3	79, 331	14,72	720	18,8
Феба	У. Пикеринг	1898	16,5	12952,0	550,48	175,3	110	—
Спутники Урана								
Корделия	«Вояджер-2»	1986	24	49,75	0,335	(0,14)	(15)	—
Офелия	»	»	24	53,76	0,376	(0,09)	(15)	—
Бианка	»	»	23	59,16	0,435	(0,16)	(20)	—
Крессида	»	»	22	61,77	0,464	(0,04)	(35)	—
Дездемона	»	»	22	62,66	0,474	(0,16)	(30)	—
Джульетта	»	»	22	64,36	0,493	(0,06)	(40)	—
Порция	»	»	21	66,10	0,513	(0,09)	(55)	—
Розалинда	»	»	23	69,93	0,558	(0,28)	(30)	—
Белинда	»	»	22	75,26	0,624	(0,03)	(35)	—
Пэк	»	1985	20	86.01	0,762	(0,31)	75	—
Миранда	Дж. Койпер	1948	16,3	129,78	1,414	3,40	235	0,689
Ариэль	У. Ласселл	1851	14,2	191,24	2,52	0,00	580	12,6
Умбриэль	»	»	14,8	264,97	4,144	0,00	585	13,3
Титания	У. Гершель	1787	13,7	435,84	8,706	0,00	790	34,8
Оберон	»	»	13,9	582,60	13,463	0,00	760	30,3
Спутники Нептуна								
Наяда	«Вояджер-2»	1989	25	48,00	0,296	(0)	(25)	—
Таласса	»	»	24	50,00	0,312	(4.5)	(40)	—
Деспина	»	»	23	52,50	0,333	(0)	(90)	—
Галатея	»	»	22	62,00	0,429	(0)	(75)	—
Ларисса	»	»	22	73,60	0,554	(0)	(95)	—
Протей	»	»	20	117,60	1,121	(0)	(200)	—
Тритон	У. Ласселл	1846	13,5	354,80	5,877	157	1350	214
Нереида	Дж. Койпер	1949	18,7	5562,4	360,16	29	(170)	—
Спутник Плутона								
Харон	Дж. Кристи	1978	16,8	19,64	6,387	98,8	593	18

ВИДИМОЕ ПОЛУШАРИЕ ЛУНЫ



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Астрономический календарь. Постоянная часть. М.: Наука, 1981.

Астрономический календарь. Нижний Новгород: Нижегородский кружок любителей физики и астрономии. Издаётся ежегодно.

Атлас звёздного неба /Сост.: Д. Н. Пономарёв, К. И. Чурюмов. М.: Всесоюзное астрономо-геодезическое общество, 1991.

Библиотека любителя астрономии. М.: Наука, 1979—1993.

Дагаев М. М. Наблюдения звёздного неба. М.: Наука, 1988.

Данлоп С. Азбука звёздного неба /Пер. с англ. М.: Мир, 1980.

Зигель Ф. Ю. Сокровища звёздного неба. Путеводитель по созвездиям и Луне. М.: Наука, 1986.

Ивлев О. А. Наблюдение звёздного неба в телескоп. М.: Космоинформ, 1994.

Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. М.: Наука, 1971.

Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М.: Наука, 1984.

Школьный астрономический календарь. М.: Просвещение. Издаётся ежегодно.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЁН

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

СОДЕРЖАНИЕ

КАК АСТРОНОМЫ ИЗУЧАЮТ ВСЕЛЕННУЮ

СРЕДИ ЗВЁЗД И ГАЛАКТИК

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

ВСЕЛЕННАЯ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ
Т. 8. АСТРОНОМИЯ

Совет директоров

М. Аксёнова
Г. Храмов

Главный редактор

М. Аксёнова

Ответственные редакторы тома

В. Цветков
И. Лапина

Научные редакторы тома

А. Засов
В. Цветков

Научные редакторы разделов

А. Засов
А. Козенко
В. Сурдин
В. Цветков
С. Широков

Научный консультант

П. Щеглов

Методологические редакторы

В. Володин
А. Элиович

Художественный редактор

Е. Дукельская

Редакторы

М. Абросимова
И. Антонова
С. Богаткина
Т. Новицкая

Корректор

В. Макарова

Ассистенты художественного редактора

А. Пущина
М. Радина

Изготовление оригинал-макета

А. Володарский
К. Иванов
С. Тамарин
Л. Харченко

Бюро проверки

Л. Антонова
А. Инденбом

Набор и считка

М. Кудрявцева — начальник отдела
Т. Балашова
Н. Гольдман
О. Демидова
Т. Поповская
И. Самсонова
Ф. Тахирова
Е. Терёхина
Е. Хохлова
Н. Шевердинская
О. Шевченко

Директор по производству

И. Кошелев

Техническая группа

Л. Клименко
Т. Любцова
В. Телевный

Секретари-референты

Н. Моисеева
Т. Храмова

Художники

Н. Доброхотова
Т. Доброхотова
Е. Дукельская
А. Евдокимов
Д. Жаров
А. Краснов
Н. Краснова
А. Махов
М. Саморезов
В. Челак
А. Шечкин
Ю. Юров

Фотографы

А. Крюков
М. Лернер
Ю. Любцов
В. Ромейко
А. Юферев

Авторы фотоматериалов

А. Засов
И. Лапина
В. Сурдин
В. Цветков

Фотоматериалы предоставлены

Архивом искусства и истории. Берлин (Archiv für Kunst und Geschichte. Berlin); архивом BAVARIA. Мюнхен (Bavaria Bildagentur GmbH. München); Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA); агентством «Фото ИТАР—ТАСС»; Нижегородским планетарием; музеем М. В. Ломоносова Российской Академии наук (Санкт-Петербург).

Суперобложка

Н. Краснова

Шмуцтитулы

Е. Дукельская

«Аванта+» благодарит за помощь в подготовке издания издательство Alinea (Мюнхен).
«Аванта+» благодарит Венчурный Акционерный Банк за помощь, оказанную в период создания издательства и плодотворное сотрудничество в настоящее время.
Особую благодарность выражаем С. Пономарёву, В. Курту, К. Порцевскому, С. Широкову.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

«Аванта+» осуществляет почтовую доставку «Энциклопедии для детей» по России. Мы будем рады оказать Вам услугу, выполнив Ваш заказ на приобретение книг. Если Вы заказываете книги почтой, мы сохраняем Ваш адрес. Это значит, что мы впредь будем оповещать Вас о выходе всех новых томов «Энциклопедии для детей». Вы можете заказать любые из вышедших в свет томов. Вам гарантируется получение любого тома в любое время. Запросы об условиях почтовой доставки книг, а также свои замечания и пожелания издательству направляйте по адресу: 123022, Москва, а/я 73, «Центр доставки „Аванта+“».

Наш неизменный принцип — надёжность и постоянство, и это уже оценили многие читатели.

В серии «Энциклопедия для детей» вышли в свет тома:
«Всемирная история»,
«Биология»,
«География»,
«Геология»,
«История России» (части 1, 2 и 3),
«Религии мира» (части 1 и 2),
«Искусство» (часть 1),
«Астрономия».

Планируется выпуск томов:
«Русская литература» (части 1 и 2),
«Язык и речь»,
«Всемирная литература»,
«Математика»,
«Техника»,
«Искусство» (части 2 и 3),
«Химия», «Физика»,
«Страны и народы»,
«Общество», «Человек».

Напоминаем, что подписка на многотомную «Энциклопедию для детей» даст Вам возможность получать вновь выходящие и ранее выпущенные тома серии по льготным ценам. Подписка на любые тома «Энциклопедии для детей» продолжается.

Телефоны для справок:
(095) 259-2305, 259-5412;
(812) 325-2397, 183-5296.

«Аванта+» несёт ответственность за научный и художественный уровень томов серии «Энциклопедия для детей». Чтобы отличить «Энциклопедию для детей» от энциклопедических серий других издательств, обращайте внимание на товарные знаки издательского предприятия «Аванта+» на титульных листах томов.

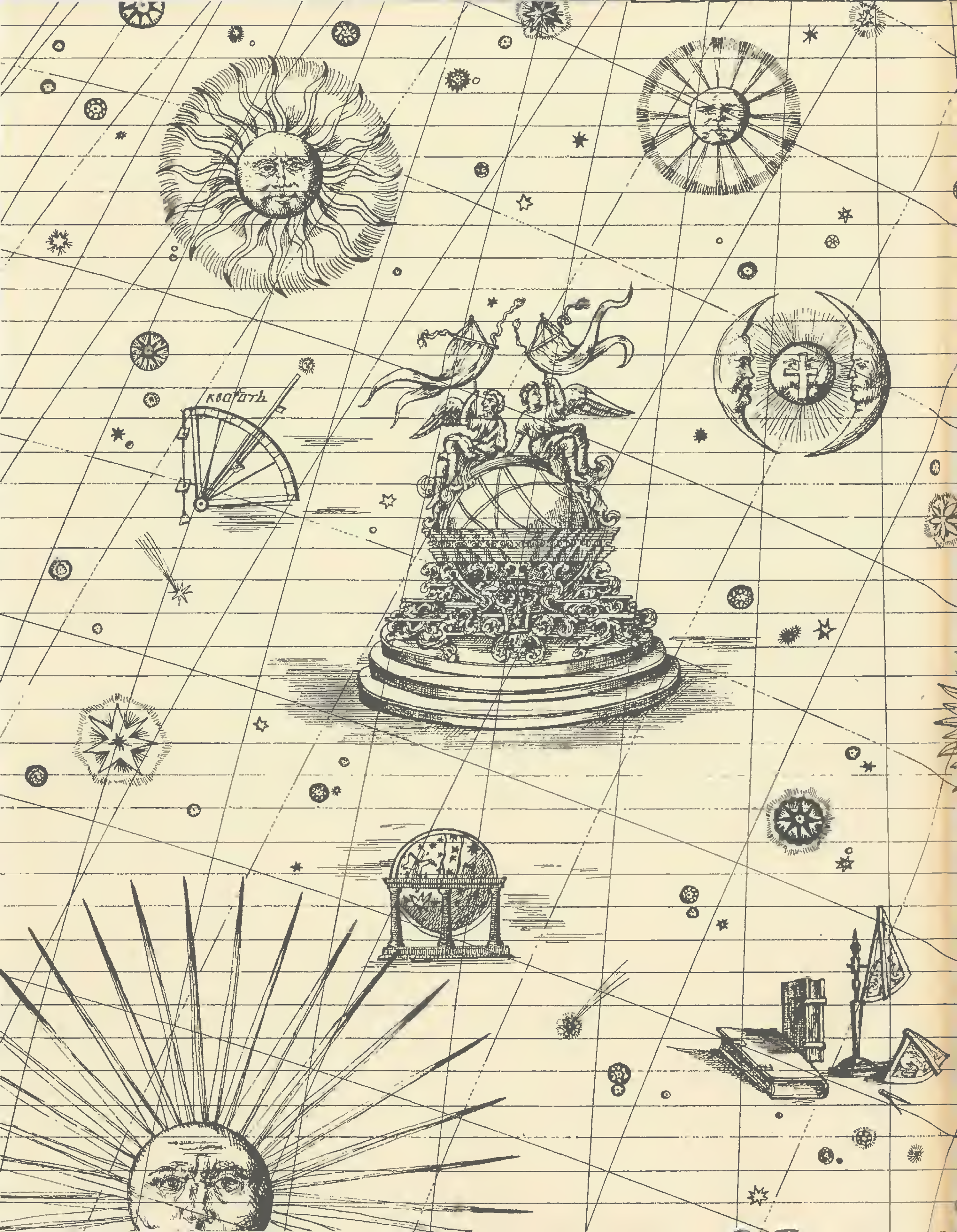


Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. Книга издаётся в суперобложке.

Изд. лиц. № 064927 от 16.01.97. Подписано в печать 19.09.97. Формат 84 × 108/16.
Бумага мелованная. Гарнитура Гарамон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 72,24.
Тираж 100 000 экз.

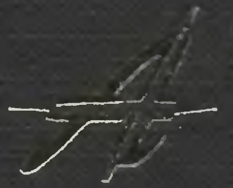
ЗАО Издательский дом «Аванта+». 117526, Москва, Ленинский пр-т, дом 144, корп. 3.

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии Мондрук Графише Бетриб GmbH, Гютерслоу, Германия.


квадратъ

ISBN 5-89501-008-3





ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
для детей

АСТРОНОМИЯ



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ • АСТРОНОМИЯ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ